

Salviano Filipe Silva Pinto Soares

**Identificação das alterações na voz da *Capra hircus*
após cirurgia ao nervo laríngeo recorrente**

Sumário pormenorizado do Seminário apresentado no âmbito de Provas de Agregação de acordo com o Artigo 8.º, alínea c), que se refere a alínea c) do Artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 239/2007 de 19 de junho de 2007

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Escola de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharias
julho 2020

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	3
1.1 – <i>Enquadramento científico.....</i>	4
2 – Aparelho fonador humano e caprino: abordagem experimental médica e tecnológica	5
2.1 – <i>Aparelho fonador humano.....</i>	6
2.2 – <i>Aparelho fonador caprino</i>	10
2.2.1 – <i>Caraterísticas da voz Humana versus voz da Capra hircus</i>	12
2.3 – <i>A cirurgia à tiroide e a alteração na voz.....</i>	14
2.3.1 – <i>Abordagem experimental médica: técnica cirúrgica.....</i>	15
2.4 – <i>Abordagem experimental tecnológica: recolha das amostras de voz.....</i>	16
3 – Métodos de Medição e Avaliação da Qualidade de Voz Telefónica	19
3.1 – <i>Características da voz e da fala e consequências para os sistemas de transmissão</i>	19
3.2 – <i>Métodos de Avaliação e a Qualidade de Serviço (QoS).....</i>	22
3.3 – <i>Métodos de Avaliação Subjetiva da Qualidade de Voz Telefónica</i>	24
3.3.1 – <i>Continuous Evaluation of Time Varying Speech Quality (CETVSQ).....</i>	24
3.3.2 – <i>Métodos Mean Opinion Score (MOS).....</i>	25
3.3.3 – <i>Testes de opinião de conversação.....</i>	26
3.3.4 – <i>Absolute Category Rating.....</i>	29
3.3.5 – <i>Quantal-Response Detectability Tests</i>	33
3.3.6 – <i>Degradation Category Rating (DCR).....</i>	35
3.3.7 – <i>Comparison Category Rating (CCR).....</i>	37
4 – Métrica de avaliação Objetiva e Subjetiva da voz das cabras	40
4.1 – <i>Dados experimentais.....</i>	42
4.1.1 – <i>Cabra 5003 (GR).....</i>	43
4.1.2 – <i>Cabra 597 (GR).....</i>	44
4.1.3 – <i>Cabra 49 (GR)</i>	45
4.1.4 – <i>Cabra 47 (GC)</i>	46
4.2 – <i>Discussão dos Resultados.....</i>	47
5 – Considerações finais e desenvolvimentos futuros	49
6 – Referências Bibliográficas.....	51
7 – Anexo A.....	54

1 – INTRODUÇÃO

Embora pouco frequente e por acidente, o nervo laríngeo recorrente (NLR) pode ser seccionado durante a cirurgia tiroideia, o que ocasiona paralisia da corda vocal homolateral. Até hoje não há um método eficaz para o reconstruir, porque o nervo tem características únicas, uma vez que possui fibras adutoras e abductoras. Se for feita a sua reconstrução com sutura topo-a-topo, algumas fibras adutoras unem-se às abductoras do outro lado, provocando movimentos discinérgicos e descoordenados das cordas vocais que se mantêm paralisadas. Através de uma técnica cirúrgica pretendeu-se ultrapassar este problema, tendo sido para isso escolhida a cabra como modelo animal de modo a validar a metodologia antes de ser aplicada ao homem [Silveira, 2012]. As cabras foram operadas: antes e após a cirurgia foram realizados registos do balido, para identificar o momento de uma eventual regeneração das fibras nervosas com a consequente recuperação da voz da cabra.

A principal contribuição deste trabalho, para além do estudo de um conjunto de metodologias de avaliação objetiva e subjetiva da voz humana, agora sintonizados para a voz das cabras, constitui-se como mais um auxiliar tecnológico não invasivo para validar a técnica cirúrgica para além dos filmes efetuados por laringoscopia, a observação intraoperatória e o estudo histológico.

Em função da quantidade de dados envolvidos e do desconhecimento de referências na área no que diz respeito às vocalizações do modelo animal considerado para validar a técnica cirúrgica, o balido da cabra, na identificação das alterações à voz das cabras ao longo do período de recobro foram sintonizadas métricas de avaliação objetiva e subjetiva neste último caso com a adaptação de um método para avaliar a voz humana em rede telefónica: o *Comparison Category Rating* (CCR). As características objetivas da voz das cabras foram avaliadas através do cálculo dos parâmetros já estabelecidos para a voz humana e que melhores resultados demonstraram: o *Jitter* e o *Harmonics to Noise Ratio* (HNR). Dando como exemplo a cabra 49 pertencente ao Grupo de Reconstrução e em concordância com as melhores conclusões experimentais médicas, tanto o *Jitter* como o HNR convergiram para os seus valores pré-operatórios e conclui-se que o maior número de sujeitos inquiridos (93,5%) respondeu que a última amostra pós-operatória foi a que mais se assemelhou com a pré-operatória, tendo a maioria dos indivíduos inquiridos (87,09%) afirmado também que a voz evoluiu no sentido da amostra pré-operatória.

O estabelecimento de mais esta métrica não invasiva foi consonante com as outras abordagens de avaliação médica e contribuiu para a robustez da validação da técnica cirúrgica que agora se pretende aplicar à voz humana.

1.1 – Enquadramento científico

Este Seminário surge na sequência do trabalho do autor na equipa que investiga a regeneração do Nervo Laríngeo Recorrente (NLR) depois de concluída a 1ª fase tendo sido o grupo de estudo animal, as cabras. A contribuição do autor é na área de Análise e Processamento de Sinal, sendo o projeto liderado pelo Prof. Doutor Luís Silveira PhD da UC (<https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/21668>) cuja equipa multidisciplinar integrou ainda investigadores da UTAD da área de Medicina Veterinária e Zootecnia de acordo com a diretiva Europeia 86/209/EEC de 24 de novembro bem como todos os procedimentos científicos acreditados pela *Federation of European Laboratory Animal Science Associations* (FELASA). De referir ainda que os principais resultados do projeto têm sido apresentados *aos pares* em congressos nacionais e internacionais com vista à disseminação da técnica cirúrgica que se aguarda aplicar ao Homem após mais uma validação de todo o esforço científico *entre pares* testemunhada na recente publicação do trabalho na Revista Portuguesa de Cirurgia:

- Silveira, L. *et al.* Soares, S., (2020), ***Repair of the recurrent laryngeal nerve – Experimental study***, Revista Portuguesa de Cirurgia, Sociedade Portuguesa de Cirurgia, II Série, Volume 46:19-31, ISSN: 1646-6918. (<https://revista.spcir.com/index.php/spcir>). [SciELO, Google_Scholar, ACAAP, Free_Medical_Journal, Journals_for_Free, LatinDex, Index_Copernicus]
- Silveira, L., Antunes, L., Severiano, S., Ferreira, D., Soares, S. Pinto, M., Lebre, P., Dionísio, I., Serralheiro, P., (2015) – ***Repair of the recurrent laryngeal nerve – Experimental study in goats – in*** Robotic in Microsurgery. 37th Meeting French Society of Microsurgery. Group for the Advancement o Microsurgery. May 15-16 IRCAD, Strasbourg, France.

- Silveira, L., *et. al*, Soares, S., (2014) – *Reconstrução do Nervo Laríngeo Recorrente – Como Resolver?* – in Thyroid Surgery Course 21 de março, Hospital da Luz, Lisboa.
- Silveira, L., Antunes, L., Severiano, S., Ferreira, D., Soares, S. Pinto, M., Lebre, P., Dionísio, I., Serralheiro, P., (2013) – *Reconstrução do Nervo Laríngeo Recorrente – Estudo Experimental* – (melhor Vídeo) no XXXIII Congresso Nacional, Sociedade Portuguesa de Cirurgia, 3 a 5 de março, Centro Cultural de Belém, Lisboa.
- Silveira, L., *et. al*, Soares, S., (2013) – *Peroperative lesion of recurrent laryngeal nerve: What must be done?* – in International Surgery Meeting 19 de abril, Clínica Universitária de Cirurgia III FMUC, Coimbra.
- Lebre, P.; Soares, S.; Silva, S.; Silveira, L. (2010) – *Avaliação da voz após cirurgia ao NLR* – in 12º Encontro da Secção Portuguesa da *Audio Engineering Society*, 8 de Outubro, UA, Aveiro.

2 – Aparelho fonador humano e caprino: abordagem experimental médica e tecnológica

Apresentam-se os dois aparelhos fonadores, o Humano e o Caprino, cujas semelhanças morfológicas justificaram a opção pelo modelo animal para a validação da técnica cirúrgica: as ovelhas também foram ponderadas como uma possibilidade no entanto o facto de terem mais gordura localizada na área de interesse e porque não balem facilmente, não seriam condições favoráveis para o estudo em causa. Outros fatores também considerados importantes foram a taxa de recuperação, que no caso dos caprinos é 5x mais rápida do que no homem, bem como a disponibilidade na UTAD de todas as condições para a acomodação deste trabalho numa equipa multidisciplinar que integrou investigadores certificados para o manuseio animal, da medicina Veterinária bem como de áreas mais tecnológicas com é o caso da aplicação de técnicas de Análise e Processamento de Sinal [Soares, 2020; Neves, 2018; Lebre, 2010].

2.1 – Aparelho fonador humano

O aparelho fonador humano divide-se em três partes [Seeley, 2011]:

- Pulmões – os geradores de fluxo de ar;
- Laringe e Cordas Vocais – os responsáveis pela vibração;
- Cavidades superiores à Laringe – órgãos de articulação e ressonância.

A figura 2.1 é uma representação da cavidade nasal e da faringe humana.



Fig. 2.1: Cavidade nasal e Faringe humana

A fala é um ato motor que expressa a linguagem. É um processo complexo que envolve o sistema neuromuscular. Os músculos que produzem sons são comandados pelo sistema nervoso central. A fala depende da área bucal, do córtex, dos tratos piramidais e extra-piramidais, dos núcleos subcorticais, do tronco cerebral, do cerebelo e dos nervos cranianos. Além disso, o volume do fluxo e pressão do ar e a ressonância são fundamentais para a produção da fala. Também estão envolvidos na produção da fala: lábios, língua, bochechas, dentes, mandíbula, faringe, laringe e os músculos da respiração. Assim, para a produção da fala, além do desenvolvimento cognitivo e fonológico

adequados, é necessário ter em conta o sistema neurológico. Deste modo, os sistemas envolvidos em todo o processo da fala são o respiratório, o fonador, o neurológico e o articular [Marchesan, 2004]. A figura 2.2 representa a laringe humana.

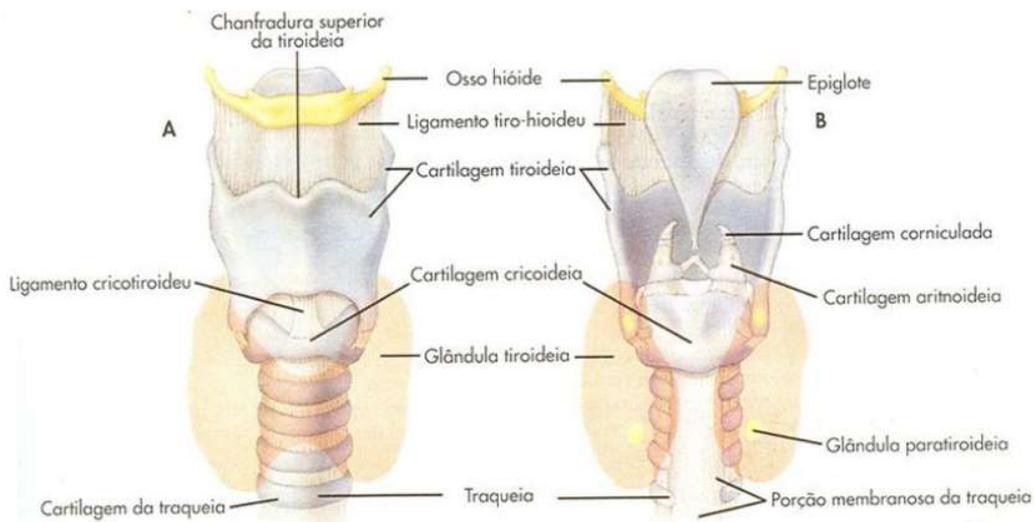


Fig. 2.2: Laringe humana

Os sinais de voz são gerados pelas diferenças de pressão do ar no aparelho fonador. Quando se fala, a passagem do ar através das cordas vocais faz com que estas vibrem, produzindo som. Quanto maior for a amplitude da vibração, mais intenso é o som que por sua vez é controlado pela frequência das vibrações. As variações no comprimento dos segmentos das cordas vocais, que vibram, afetam a frequência das vibrações. São produzidos sons mais agudos, quando só vibram as partes anteriores das cordas vocais e produzem-se sons, progressivamente, mais graves quando vibram segmentos maiores. O som produzido pela vibração das cordas vocais é modificado pela língua, pelos lábios, pelos dentes e por outras estruturas, para formar palavras, no caso do homem, e balidos, no caso da cabra. Normalmente, como os homens tem cordas vocais maiores do que as mulheres, têm vozes mais graves [Pinto, 2005].

A figura 2.3 representa as cordas vocais humanas.

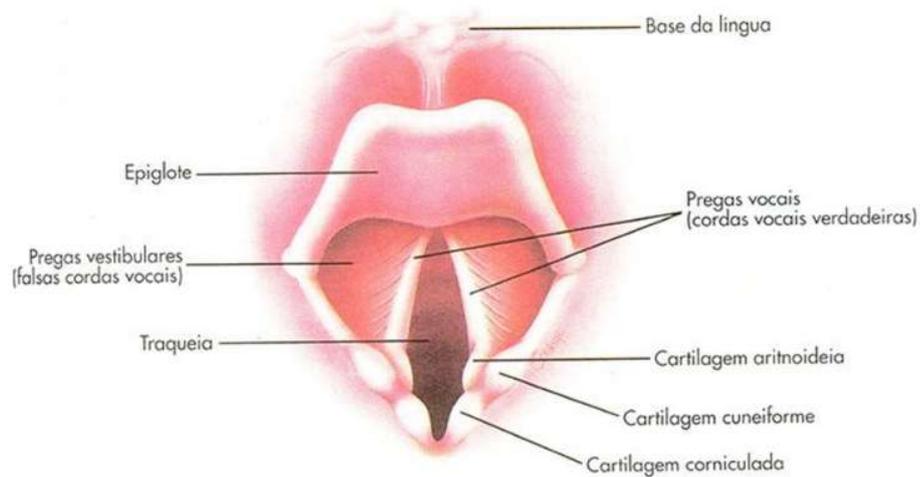


Fig. 2.3: Cordas vocais humanas

As pregas vocais (cordas vocais verdadeiras) são como dois lábios esticados horizontalmente ao longo da abertura central da laringe e são altamente flexíveis, uma vez que são constituídas por um tecido elástico (ligamento), e pelo músculo estriado tireocricóide. Na frente, as cordas vocais estão presas à cartilagem tiroide. Atrás, estão ligadas às cartilagens aritenoideias. Estas são multiarticuladas e responsáveis pela mobilização das pregas vocais que se traduzem em diferenças de vibração, que por sua vez ressoam de diferentes formas ao seguirem o caminho de expulsão do ar pelo trato vocal. Em repouso, as duas pregas vocais estão separadas uma da outra e exibem um espaço entre elas chamado glote. Com a glote aberta, o ar passa livremente e as cordas vocais não vibram. Mas, devido à mobilidade das aritenoideias, as cordas vocais podem aproximar-se, a glote fecha e o ar força a sua passagem fazendo as cordas vibrarem. A epiglote (tecido muscular estriado) serve para proteger as cordas vocais e localiza-se acima da laringe, evitando que durante a alimentação entre comida ou líquido pela laringe e pela traqueia, acabando por chegar até aos pulmões, onde estes corpos estranhos causariam sérios danos à saúde.

Para produzir sons, as cordas vocais são mantidas juntas pela ação das cartilagens aritenoideias (1), como se pode verificar pela figura 2.4.

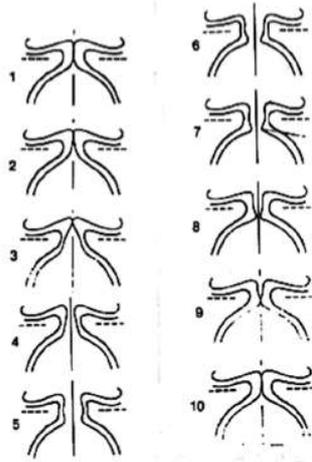


Fig. 2.4: Representação da abertura e fecho das cordas vocais

A uma certa pressão, o ar força a sua passagem pelas cordas vocais, produzindo diferentes sons (2, 3 e 4). Quando o ar passa através da glote, a pressão diminui e as cordas vocais encaixam, na borda inferior em primeiro lugar, fechando novamente (6-10). Um ciclo repete-se a taxas de 100 vezes por segundo (cerca de 80 a 200 ciclos por segundo). Esta velocidade é muito rápida para o ouvido humano ser capaz de discriminar cada abertura/fecho das cordas vocais. Porém, são perceptíveis as variações na taxa global de vibração como mudanças no tom da voz [Coleman, 2009].

O comprimento de vibração das pregas vocais de um adulto do sexo masculino é cerca de 16 milímetros e num adulto do sexo feminino é cerca de 10 milímetros. As pregas vocais podem ser esticadas por mais alguns milímetros pela ação dos músculos da laringe.

O trato vocal é formado pela laringe, faringe e cavidade oral, tendo o seu comprimento médio 17 cm para os homens, 15 para as mulheres, e 14 para as crianças. Segundo outra definição, as cavidades nasais também podem ser incluídas na definição do trato vocal. Assim, o trato vocal pode considerar-se um filtro ajustável acústico que modifica o espectro da excitação do sinal. Cada som tem o seu perfil característico do espectro produzido pelas ressonâncias do trato vocal. As frequências das ressonâncias dependem da forma do trato vocal, que por sua vez é determinada pelas posições do palato mole, língua, maxilares e lábios [Pulakka, 2005].

De notar que quando ocorre uma lesão, o propósito final da técnica médica, consiste no restabelecimento da condução nervosa no nervo laríngeo recorrente de forma a restaurar uma movimentação eficaz da corda vocal, ou seja, que obedeça às ordens cerebrais abrindo e fechando de forma fisiológica e coordenada com a respiração.

2.2 – Aparelho fonador caprino

Para além das razões já apresentadas para a opção pelo modelo animal experimental ter sido a cabra, a mais importante consiste no facto de possuírem o nervo laríngeo caudal, ou recorrente laríngeo. Este possui um trajeto semelhante ao do Homem e é responsável pelo funcionamento das cordas vocais, sendo também constituído, à semelhança dos humanos, por fibras abductoras e adutoras, requisito essencial para a realização da técnica cirúrgica num modelo experimental, figura 2.5.

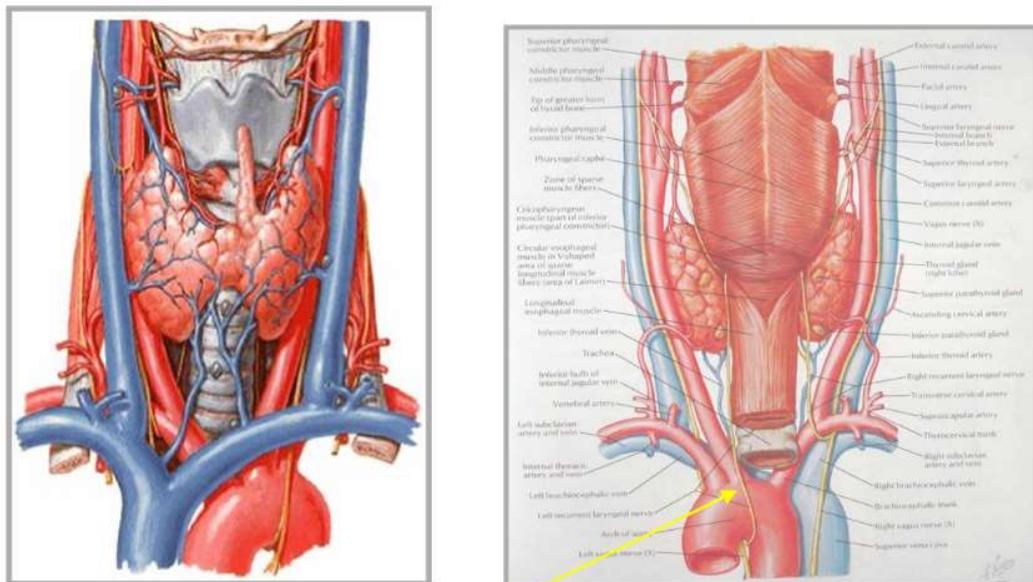


Fig. 2.5: Nervo Laríngeo Recorrente no Homem, **Netter**. (200X). *Atlas of human anatomy*.

Na figura 2.6 pode-se observar o nervo laríngeo recorrente do caprino (10) [Getty,2001].

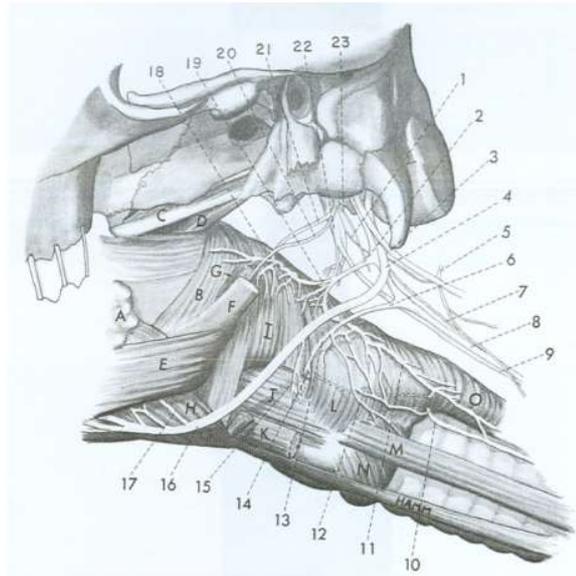


Fig. 2.6: Nervo Laríngeo Recorrente na cabra (10)

O ramo faríngeo (2), antes de atingir a musculatura da faringe, divide-se em dois diferentes grupos de ramos. O ramo rostral liga-se ao ramo faríngeo do nervo glossofaríngeo, constituindo o plexo faríngeo. Algumas ramificações unem-se ao nervo laríngeo recorrente (10), ao nível do primeiro ou do segundo anel traqueal e efetuam intercâmbio de ramificações com o ramo externo do nervo laríngeo cranial (6). O ramo externo (12) realiza intercâmbio de ramificações com a divisão caudal supra o músculo tireofaríngeo e o músculo cricotiroideu. Assim, emite uma ramificação que penetra na glândula tiroideia. O ramo interno (13) corre ventralmente na superfície da laringe juntamente com a artéria laríngeo. A seguir divide-se em dois ramos que penetram na laringe, entre o músculo tireofaríngeo e o músculo hiofaríngeo, ao nível da fissura da tiroide. É neste local que se divide e se liga ao ramo esofágico e aos nervos laríngeos recorrentes. O nervo laríngeo recorrente termina como o nervo laríngeo caudal e é o nervo motor para todos os outros músculos intrínsecos da laringe, com exceção para o músculo cricotiroideu.

2.2.1 – Características da voz Humana *versus* voz da *Capra hircus*

Regra geral, um sinal de voz humana consiste numa oscilação periódica com uma determinada frequência, chamada de frequência fundamental normalmente designada por f_0 , determinando a percepção auditiva do som emitido. Na figura 2.7 está representado um exemplo dum segmento vozeado de voz humana onde se assinala o período fundamental $T_0 = 1/f_0$.

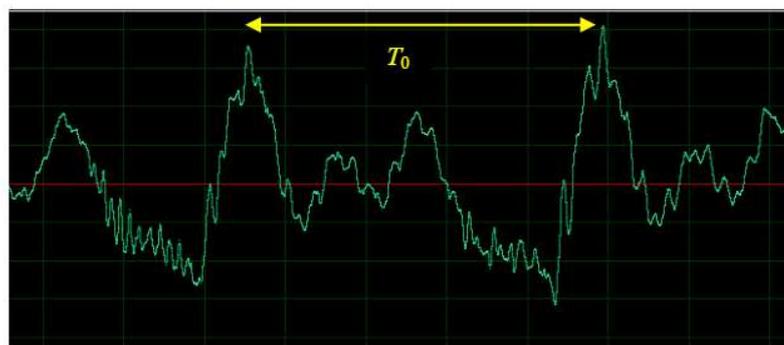


Fig. 2.7: Segmento vozeado de voz humana

Num discurso médio é de cerca de $f_0 \sim 120$ Hz para os homens, $f_0 \sim 200$ Hz para o género feminino, sendo ainda maior para as crianças, uma vez que possuem a voz mais aguda. Neste contexto é possível associar o *Jitter* à variação associada ao período de vibração natural das cordas vocais. No caso da voz humana, se considerarmos T_0 o período fundamental das pregas vocais, o *Jitter* (%) pode ser definido pela seguinte expressão:

$$Jitter(\%) = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} (|T_{0n} - T_{0(n+1)}|)}{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} T_{0n}} * 100$$

onde o N representa o número de amostras e o T_0 representa o período fundamental das vibrações das pregas vocais [Lee, 2008].

Caso se pretenda avaliar a variabilidade do período da amplitude devido a disfunções das pregas vocais, podemos estudar o *Shimmer*. O *Jitter* e o *Shimmer* refletem a variação de frequência e de amplitude, respetivamente, nos sinais de voz. À semelhança do *Jitter*, os valores de *Shimmer* servem para quantificar a instabilidade de amplitude sem alterar as características qualitativas da onda vocal [McNeil, 2008; Baken, 1999]. A perturbação da

amplitude é uma medida baseada na amplitude de pico da onda acústica associada com cada ciclo da fonação. Deste modo, o *Shimmer* (%) é dado pela seguinte expressão:

$$Shimmer(\%) = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} (|A_{0n} - A_{0(n+1)}|)}{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} A_{0n}} * 100$$

onde o N representa o número de amostras e o A_0 representa a variação da amplitude da onda [Lee, 2008].

O *Harmonics to Noise Ratio* (HNR), como medida objetiva, tem sido utilizado para estimar o nível de ruído em sinais de voz humana podendo também ser válido e confiável para fornecer informações úteis de modo a avaliar e gerir os distúrbios da voz [Yumoto, 1982]. A medida HNR é uma avaliação da relação entre a componente periódica e a componente aperiódica que compõem um segmento sustentado de voz vozeada: a primeira componente decorre da vibração das pregas e a segunda decorre de ruído glótico. No domínio da frequência é comum definir-se por uma relação logarítmica da relação das energias

$$HNR = 10 \cdot \log_{10} \frac{\int_w |H(w)|^2}{\int_w |N(w)|^2} dB$$

onde $H(w)$ é a representação espectral dos impulsos glotais filtrados pelo tracto vocal e $N(w)$ modeliza o ruído glótico filtrado pelo tracto vocal [Ferreira, 2008].

A avaliação entre as duas componentes traduz a eficiência do processo de fonação: quanto maior for a eficiência na utilização do fluxo de ar expelido pelos pulmões em energia de vibração das pregas vocais, e quanto mais íntegro for o ciclo vibratório destas pregas, maior será a relação HNR. Inversamente, quanto menor for aquela eficiência ou quanto mais anómalo for o ciclo vibratório, maior será o ruído glótico e mais baixa resultará a relação HNR. Uma voz saudável deve, assim, caracterizar-se por uma relação HNR elevada, $HNR > 12dB$, a que se associa a impressão de voz sonora e harmónica. Valores inferiores de HNR, são típicos para características de voz asténica e disfónica [Ferreira, 2008].

No que diz respeito às vocalizações de caprinos adultos alguns autores defendem que o comportamento vocal pode ser agrupados em dois tipos: balido de orientação e balido de aflição. O balido de orientação é caracterizado como sendo essencialmente uma vocalização fechada e emitido, principalmente, através da boca. A maior parte da energia

é inferior a 4 kHz, com picos máximos de frequência de 360 Hz, 1250 Hz e 2500 Hz. O balido de aflição é caracterizado por emissões orais e nasais com energia até 15 kHz, com picos máximos de frequência de 360 Hz, 2500 Hz (principalmente), 8100 Hz e 11kHz. [Lenhardt, 1975]. Na figura 2.8 apresenta-se uma vocalização de uma cabra que fez parte do estudo onde à semelhança da voz humana identificaram-se algumas características periódicas nomeadamente através da presença do período fundamental (T_0). O cálculo do valor pré-operatório e o registo variações ao longo do tempo após a intervenção cirúrgica permitiram estabelecer a métrica objetiva/subjetiva proposta. De referir ainda que como no caso dos humanos, a frequência fundamental na voz das cabras varia com a idade [Lenhardt, 1975].

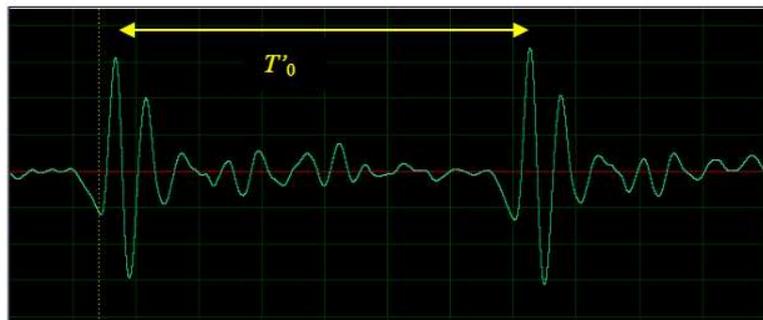


Fig. 2.8: Segmento de voz de cabra

2.3 – A cirurgia à tiroide e a alteração na voz

A cirurgia tiroideia moderna foi desenvolvida por Theodor Kocher (1841-1917), que ganhou o prémio Nobel em 1909 dado o seu contributo ao conhecimento e tratamento de doenças da tiroide [Zimmerman, 1961]. Na maioria das cirurgias executadas à tiroide, é necessário ter cuidado para que o nervo laríngeo recorrente não seja seccionado, ocasionando assim, a paralisia da corda vocal homolateral. Um dos problemas não solucionados da cirurgia da tiroide consiste na paralisia da corda vocal correspondente, visto que esta paralisa na região mediana: na ocorrência de lesão, verificar-se-á uma total ou parcial obstrução consoante a lesão for respetivamente, uni ou bilateral. Apesar da maioria das lesões serem involuntárias, é possível também existirem lesões por invasão tumoral que não podem ser evitadas. De referir que apesar das lesões per-operatórias serem raras, quando ocorrem, têm consequências muito desagradáveis ou mesmo graves

para o doente, consoante a lesão é uni ou bilateral, alterando significativamente e por vezes em definitivo a principal forma humana de comunicar ou seja através da voz, facto que mantém o contínuo interesse da comunidade científica [Silveira,2020; Mattison,2018].

2.3.1 – Abordagem experimental médica: técnica cirúrgica.

Da preocupação pela não existência de um método totalmente eficaz para recuperar a voz normal e revitalizar uma corda vocal quando o seu nervo motor era seccionado foi realizada uma investigação preliminar no animal de experimentação [Silveira, 2012]. Dos animais de pequeno e médio porte, habitualmente usados em experimentação, o rato e o cão não são considerados bons modelos, pois não têm um sistema fonatório exclusivamente dependente dos nervos laríngeos superior e recorrente. O coelho não vocaliza. Para além do primata não humano, animal ideal para esta experimentação, muito caro e com fortes limitações na sua aquisição e preservação, a ovelha e a cabra têm um nervo laríngeo com trajeto e constituição semelhantes ao do nervo laríngeo recorrente (NLR) no homem. É este que comanda o funcionamento dos músculos responsáveis pelos movimentos das cordas vocais, sendo também constituído por fibras abductoras e adutoras, requisito essencial para o bom modelo experimental para a reconstrução do NLR.

Para além do já apresentado, a cabra (*Capra hircus*) foi escolhida para o modelo experimental, porque, para além de vocalizar mais facilmente, tem menos gordura cervical que a ovelha, tornando a abordagem do nervo recorrente mais fácil. Além disso é um animal que aguenta bem o jejum de 24 horas, recupera facilmente da anestesia e tem boa resistência à infeção. A seleção das cabras foi feita tendo em conta a facilidade de vocalização e a idade. Para isso foram avaliados 53 animais do efetivo de caprinos da UTAD. Após este processo foram escolhidas 15, das quais 9 foram selecionadas para o trabalho experimental e as restantes ficaram de reserva.

Foram definidos dois grupos de indivíduos: Grupo de Reconstrução (GR) e Grupo de Controlo (GC). Todas as cabras foram operadas, mas enquanto que o nervo laríngeo das cabras do GR foi seccionado, excisado um fragmento de cerca de 5mm e aplicado um enxerto de veia preenchida com músculo entre os topos nervosos (figura 2.9 dir), o

nervo das cabras do GC foi apenas seccionado e como no outro grupo, excisado um fragmento de cerca de 5mm para criar defeito igual ao dos animais do GR, que não foi reparado.

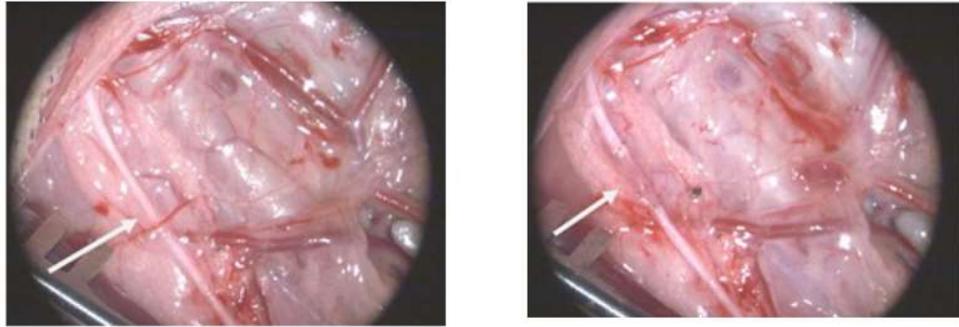


Fig. 2.9: Nervo laríngeo íntegro (esq) e com enxerto (dir).

Esta metodologia foi aplicada a 6 cabras do GR (n^os 48, 49, 340, 597, 5002 e 5003) e a 3 do GC (n^os 22, 47 e 225). Não se verificaram traumatismos cervicais, nem infeções de ferida operatória ou mortalidade operatória. Em todos os animais, tanto do GR como do GC foram operados, em média, 11 meses depois, para colher os topos e o enxerto de veia músculo utilizado estudo histológico. Deste modo, só seria confirmada a existência de tropismo específico entre as fibras nervosas adutoras e abductoras se a fonação das cabras fosse igual ou semelhante à anterior e tivesse havido recuperação perfeita do movimento da corda vocal e sincrónico com a respiração.

2.4 – Abordagem experimental tecnológica: recolha das amostras de voz

Para induzir a vocalização, as cabras foram retiradas uma a uma do rebanho e escolhidas as que baliavam com maior facilidade, como resultado de interação social com as que ali permaneceram. Para que vocalizassem foram estudadas várias abordagens sem provocar dor. O método que se revelou mais eficaz foi a indução do balido por simpatia ou interação social [Carbonaro, 1992]. Para se realizar este procedimento, cada animal foi conduzido da sua jaula para uma sala contígua, primeira sala dos pavilhões de digestibilidade da UTAD, que estava preparada para efetuar a gravação da voz (figura 2.10).



Fig. 2.10: Gravação da voz de uma cabra.

O facto de a cabra sair do compartimento onde se encontrava, as jaulas, nas quais os animais conseguiam estabelecer contacto visual, olfativo e vocal, para a sala contígua, provocava balidos de uma ou outra, aos quais a que estava selecionada respondia habitualmente, o que tornou possível a captação da voz. De modo a ter registos uniformes as gravações foram efetuadas sempre no mesmo local e com os mesmos procedimentos.

Para a gravação do balido foi utilizada uma unidade de aquisição de áudio, *Edirol FA-66* [Roland, 2020], um microfone Beyerdynamic TG-X 80 [Beyerdynamic, 2020], tendo a amostra a resolução (96kHz; 24 bit, mono), figura 2.11.



Fig. 2.11: Setup de HW para a gravação da voz de uma cabra.

Para cada sessão de registo de voz foi criada uma pasta com a data de gravação e ficheiros com o código do animal. Antes de qualquer intervenção cirúrgica foi obtido um registo do balido em todas as cabras, Registo 0, que serviu como controlo e para posterior comparação com os registos pós-operatórios.

3 – Métodos de Medição e Avaliação da Qualidade de Voz Telefónica

Sendo certo que avaliar a qualidade telefónica da voz humana envolve certamente outras questões nomeadamente as relacionadas com a infraestrutura da rede de comunicações, codificação/descodificação, QoS, voz/fala, tendo a métrica de avaliação subjetiva da voz da cabra sido sintonizada com base no método *Comparison Category Rating* para avaliação da QoS de voz telefónica, resumem-se nesta seção conceitos e algumas estratégias consideradas relevantes que contribuíram para o estabelecimento da metodologia proposta. De referir que este estudo surge de uma linha de investigação do autor num outro contexto considerado afim, ou seja, um projeto no âmbito da avaliação da voz comutada com a PT Inovação, o *Enhanced VoIP*, cuja produção científica contínua a merecer o interesse do autor [Soares, 2020; Neves, 2018; Neves, 2011].

Neste sentido, com o fim de avaliar a qualidade da voz telefónica, a agência especializada das Nações Unidas no campo das telecomunicações *International Telecommunication Union* (ITU), através do sector de padronização de telecomunicações o *ITU Telecommunication Standardization Sector* (ITU-T), são responsáveis pelo estudo técnico e pela publicação de recomendações com vista a padronizar as telecomunicações a nível mundial. De entre as diversas recomendações destacam-se aquelas que visam padronizar técnicas e procedimentos para uma correta avaliação da qualidade da voz subjetiva e que serviram de referência para este trabalho.

3.1 – Características da voz e da fala e consequências para os sistemas de transmissão

No universo da comunicação interpessoal, a comunicação verbal assume, sem dúvida, um lugar de primazia. Nesta comunicação, como já referido, dois subsistemas fisiológicos de suma importância desempenham um papel fundamental: o aparelho fonatório e o sistema auditivo humanos. O estudo das características da voz revela-se bastante complexo, por um lado devido a aspetos fisiológicos da produção dos sons e por outro devido a elementos psicológicos, dos quais, o temperamento ou o humor do locutor e/ou do ouvinte são exemplos preponderantes. A sua caracterização implica, pois, uma abordagem estatística que conduz a distribuições de variáveis aleatórias contínuas e afetadas por fortes variâncias ao longo do tempo e de indivíduo para

indivíduo. Na perspectiva das telecomunicações revela-se útil ter em conta as seguintes características referentes tanto aos sons produzidos como à palavra que estrutura estes sons para formar uma linguagem falada:

- A voz é um fenómeno aleatório não estacionário e descontínuo no tempo. Pode, no entanto, ser decomposto numa sequência de sons elementares designados por *fonemas* considerados como quase-estacionários;
- A distribuição da energia espectral difere de acordo com os sons:
 - Os sons vozeados (vogais ou consoantes como as “j”, “l”, “m”, “n”, “v”) têm uma frequência fundamental (entre 100 e 200 Hz, nos homens; entre 200 e 400 Hz, nas mulheres);
 - A sua envolvente espectral e, particularmente os seus máximos, chamados *formantes*, são específicos do som emitido;
 - Os sons não vozeados (consoantes como as “f”, “s” ou “p”) são caracterizados por um espectro contínuo, estacionário ou transitório, mas não uniforme.
- O domínio espectral do conjunto dos sons vocais estende-se dos 80 Hz aos 12 kHz, com uma perda acentuada de energia nas altas frequências;
- A estrutura temporal é irregular. As palavras e as frases são separadas por pausas cujos tempos podem ultrapassar os 100 ms e que, no seu conjunto representam cerca de 50 % do tempo, quando em monólogo; e até 75 % do tempo, quando em diálogo.

Em telecomunicações, as seguintes características do ouvido humano revelam-se importantes:

- A sensibilidade do ouvido depende da frequência e da intensidade do som. *Grosso modo*, o domínio de audição estende-se dos 20 Hz aos 16 kHz. É de notar a sua adaptação às características da voz;
- O ouvido é praticamente insensível à fase relativa entre dois componentes sonoros;
- O efeito das distorções não lineares é tanto mais sensível quanto maior for a banda ocupada pelos sinais.

Tais propriedades são exploradas pelos sistemas telefónicos da seguinte forma:

- Restrição da banda passante do canal de comunicação. De forma a maximizar a relação qualidade/preço de um sistema de transmissão, procede-se a um esforço para adaptar a sua largura de banda à dos sinais a transmitir. A qualidade de transmissão depende, pois, desta adaptação, na qual o grau de perfeição está limitado por considerandos económicos. Tal compromisso, entre custo e qualidade, teve de ser feito de forma a definir, por convenção internacional, a largura de banda necessária à transmissão de uma conversação telefónica, sem, no entanto, prejudicar irreversivelmente a inteligibilidade de uma comunicação. Embora sacrificando a distinção entre certos sons não vozeados, como o “s” ou o “P”, diversos testes de inteligibilidade mostraram que a qualidade de transmissão é considerada satisfatória quando o espectro do sinal de voz pertence ao domínio compreendido entre os [300, 3400] Hz. De facto, esta é a banda passante recomendada para os sistemas telefónicos de transmissão [ITU-T, 1998];
- As medições de ruído têm em conta a resposta em frequência do ouvido humano através do uso de um filtro psofométrico que simula o efeito que teria o ruído sobre um utilizador;
- As pausas de uma conversação telefónica, convenientemente detetadas, podem ser utilizadas para intercalar partes de outras conversações e assim levar a cabo uma interpolação temporal. É o caso, inicialmente da utilização de canais onerosos, como os cabos transoceânicos, e mais comumente a utilização da infra-estrutura que é a Internet, onde num mesmo canal físico podem coexistir diversas conversações telefónicas e sessões de transmissão de dados.

As diferenças fisiológicas existentes entre diferentes sujeitos locutores ou ouvintes implicam subjetividade na perceção experimentada pelo sujeito ouvinte no processo de comunicação. De facto, pessoas há que produzem fala com maior ou menor intensidade ou mais ou menos centrada em certo componente espectral. Por outro lado, as diferenças existentes a nível do ouvido, implicando limiares de sensibilidade à intensidade ou ao espectro sonoro, fazem com que exista alguma variabilidade na inteligibilidade experimentada por diferentes pessoas face a um mesmo conteúdo verbal.

Conjugando ambas diferenças fisiológicas, tanto dos sujeitos locutores como dos sujeitos ouvintes, com relativa facilidade se prevê que um processo de avaliação da voz percebida se revista de relativa complexidade para que se possa fazer a síntese objetiva e coerente necessária numa avaliação de percepção onde a subjetividade é uma característica marcante das opiniões dos sujeitos ouvintes.

3.2 – Métodos de Avaliação e a Qualidade de Serviço (QoS)

Um dos aspetos que se reveste de capital importância nos sistemas de comunicação é a qualidade de serviço, QoS. O crescente desenvolvimento nesta área tem trazido consigo novos desafios a prestar pelos fornecedores de serviços. Encarada especificamente consoante o sistema em causa, ela tem sido hoje alvo de crescente atenção e investigação. Da necessidade de planear, caracterizar o serviço prestado, comparar sistemas ou estabelecer referências de qualidade, a necessidade de aferir a qualidade perceptível da voz oferecida por um operador telefónico implica o recurso a métodos de avaliação da qualidade de voz transmitida. Neste contexto a ITU-T tem libertado uma série de recomendações que permitem a adoção de procedimentos padrão para levar a cabo tal avaliação.

Em sintonia com os efeitos sofridos pelo sinal de voz durante o seu trajeto num sistema de telecomunicações identificam-se três fatores globais que afetam a qualidade de uma conversação: o ruído, a distorção e o atraso sofridos pelo sinal entre o lado transmissor e o lado recetor.

- **Ruído** que consiste na perturbação do sinal original fonte por um outro sinal indesejável que, no presente contexto, lhe degrada as características originais de inteligibilidade;
- **Distorção** sofrida pelo sinal transmitido: devida essencialmente à alta taxa de compressão de alguns *codecs* e à perda de pacotes quando a rede é de comutação de pacotes, é uma medida de similitude entre o sinal fonte original e o sinal recebido no recetor. De entre as grandezas mensuráveis, podem citar-se como mais comuns o Erro Quadrático Médio (*Root Mean Squared Error* - RMSE) e a Relação Sinal/Ruído de Pico (*Peak Singal-Noise Ratio* PSNR,);

- **Atraso total:** é o tempo que medeia entre uma locução sair da boca de um locutor e chegar ao ouvido do sujeito ouvinte. Para este atraso contribuem diversos fatores, uns de natureza determinística, cujos valores são constantes, e outros, de natureza estatística, cujos valores variam com as condições da rede [Janssen, 2002]. Na primeira categoria pode incluir-se:
 - O **tempo de aquisição**, T_{pack} . É o tempo para coligir as amostras necessárias à constituição de um pacote. Desta feita a cada T_{pack} surge um novo pacote de voz;
 - O **tempo de codificação**, T_{DSP} . É o tempo consumido pelo *codec*;
 - O **tempo de propagação**. É o tempo inerente à velocidade com que os dados viajam no meio físico. Este valor é, tipicamente, 5 μ s para o caso do cobre;
 - O **tempo de serialização**. É o tempo necessário para colocar no meio físico os bits constituintes de um dado pacote. Depende da capacidade do canal de comunicação.

Na segunda categoria inclui-se o **tempo de atraso introduzido pelas filas de espera**, cujo valor depende do estado de tráfego da ligação que suporta a comunicação.

Embora o ruído, a distorção e o atraso possam ser alvos de medidas objetivas da qualidade do sinal (RMSE, PSNR) tal não significa que se consigam tirar conclusões definitivas e representativas sobre a inteligibilidade de uma conversação. E mesmo a conjugação destes fatores com vista à obtenção de uma avaliação coerente, fiável e representativa, deve ser feita de forma metódica e universal que tenha em consideração aspetos comportamentais e subjetivos dos sujeitos intervenientes no processo da comunicação. Desta feita, e como já referido a ITU-T tem estabelecido e libertado uma série de recomendações com o fim de aferir a qualidade da voz e a inteligibilidade de uma conversação.

Os métodos propostos nas recomendações da ITU-T são passíveis de ser agrupados em duas grandes categorias: os métodos subjetivos e os métodos objetivos para inferir a qualidade subjetiva. Dada a pertinência para este trabalho, nas seções seguintes apresentam-se os métodos subjetivos mais utilizados entre os quais o que serviu de referência à métrica proposta, o *Comparison Category Rating (CCR)*.

3.3 – Métodos de Avaliação Subjetiva da Qualidade de Voz Telefónica

Os métodos subjetivos são caracterizados pelo facto de os valores relativos aos parâmetros de avaliação de uma mesma conversação, experiência ou locução dependerem da subjetividade inerente ao gosto de sujeito recetor. Têm pois, carácter não determinístico e avaliam a qualidade subjetiva da voz. A pontuação dada por cada utilizador depende da sua expectativa relativamente à qualidade do sinal escutado. Estes métodos realizam a avaliação da qualidade da voz de uma forma considerada natural, porquanto a audição inerente ao processo de avaliação é realizado por pessoas [Gerscovich, 2008]. Para serem eficazes, estes métodos necessitam, além de um cuidadoso procedimento de teste onde as condições entre experiências sejam mantidas, da opinião de um número suficientemente representativo da diversidade existente no universo dos utilizadores do serviço telefónico e, por isso, de um representativo número de indivíduos locutores. Tal torna este tipo de métodos moroso e caro.

3.3.1 – Continuous Evaluation of Time Varying Speech Quality (CETVSQ)

Este método de avaliação contínua da qualidade de voz com variações temporais está descrito na Recomendação ITU-T P.880 [ITU-T, 2004]. Pode ser usado para a avaliação do impacto das flutuações temporais da qualidade de voz tanto na qualidade percetual instantânea (a que é percebida em qualquer momento da sequência da fala) como na qualidade percetual global (realizada no final da sequência da fala). Este método compõe-se, assim, de uma tarefa composta por duas partes:

- Formulação, num dado instante, de um juízo numa escala contínua com deslizamento durante a sequência de fala;
- Formulação, no final da sequência de fala, de um juízo global numa escala *standard* de cinco categorias.

Constitui uma ferramenta útil para diagnosticar degradações ocorridas devido a flutuações temporais das quais a perda de pacotes IP ou o *handover* nas redes móveis são exemplos. Pode ainda constituir ajuda no desenvolvimento de ferramentas com o intuito de predizer a qualidade de fala por deteção e análise de vários tipos de degradações presentes num sinal de voz.

3.3.2 – Métodos Mean Opinion Score (MOS)

No seu sector de padronização das telecomunicações apresentam-se na sua recomendação ITU-T P.800 métodos para a determinação da qualidade de transmissão conducentes a uma avaliação subjetiva da qualidade de transmissão, comumente conhecidos por *Mean Opinion Score* (MOS), [ITU-T, 1996].

Os métodos descritos nesta recomendação podem ser usados para estimar os fatores de degradação introduzida pelos equipamentos ou pelas unidades de distorção de quantização, tal como descritas na Recomendação G.113. A recomendação ITU-T P.800 contém avisos para os administradores sobre a forma de conduzir testes subjetivos da qualidade de transmissão em laboratório. Fornece, métodos aprovados e considerados apropriados para determinar quão satisfatório pode ser esperado o desempenho de uma ligação telefónica.

Neste tipo de testes, os sinais de voz escutados por ouvintes e as suas opiniões individuais constituem o *input* necessário à realização dos mesmos. O *output* consiste num valor resultante do cálculo das médias de todas as opiniões, de acordo com uma escala específica, consoante o método utilizado, que por sua vez depende dos objetivos do teste e pode ser obtido pela expressão

$$MOS = \frac{\sum_i^N p_i}{N},$$

onde p_i representa a pontuação dada pelo locutor relativamente à experiência i , N representa o número de realizações experimentais efetuadas e MOS representa a médias das pontuações.

Alguns procedimentos de teste são também apresentados na recomendação e presentes nas seções seguintes. São mencionados dois tipos de testes de avaliação subjetiva possíveis para equipamentos e sistemas de telecomunicações: os testes de opinião de conversação e os testes de opinião de audição:

- Os primeiros pressupõem a reprodução em laboratório das condições reais de serviço tal como o experimentam os utilizadores do serviço telefónico. Para tal é necessário escolher adequadamente as pessoas e as condições de circuito e administrar os testes de forma apropriada. É importante que as condições simuladas no teste sejam corretamente especificadas, estabelecidas e medidas de

forma precisa antes e depois de cada experiência. É ainda necessário que, além de fornecidas facilidades auxiliares como a marcação de números e sinais de chamada, sejam também guardadas de forma fiel, gravações com o *output* de cada teste.

- Relativamente aos segundos, não é esperado o mesmo grau de realismo que nos primeiros, sendo este menos restritivo e portanto menos severo, em certos aspetos.

São apresentados quatro testes de opinião de audição: *Absolute Category Rating* (ACR), *Quantal-Response Detectability*, *Degradation Category Rating* (DCR) e o *Comparison Category Rating* (CCR).

3.3.3 – Testes de opinião de conversação

Na realização destes testes, devem ser tidos em conta diversos requisitos com vista à obtenção de resultados o mais credíveis possível. Os aspetos a ter em conta são:

- **As condições físicas.** Aqui se incluem o volume, o tempo de reverberação, o isolamento acústico, a relação ou mesmo decoração interna dos gabinetes de teste. Também deve ser dada especial atenção ao ruído, tanto no que respeita ao ruído de fundo do espaço laboratorial, como ao ruído ambiente a *injectar* na sala, como forma de tornar realista o ambiente de teste;
- **Estabelecimento da ligação.** Importa medir duas vezes a característica sensibilidade/frequência: no início e no fim da experiência. Caso se verifique haver uma variação significativa entre ambas, essa variação deve ser avaliada pelo experimentador de forma a eliminar dúvidas sobre a validade da experiência;
- **Monitorização.** São possíveis três tipos de monitorização:
 - Um sistema de intercomunicação permitirá a comunicação entre o experimentador e o sujeito, que está no gabinete de teste;
 - Monitorização visual terá um propósito de segurança, mas também permitirá observar peculiaridades comportamentais do sujeito (a forma como segura o telefone, etc.);

- Um sistema de gravação será útil para o registo de informações como a duração de uma chamada, atividade vocal ou tensão elétrica associada ao sinal de voz.

Planeamento da experiência. Alguns detalhes sobre o planeamento podem ser encontrados no *Handbook on Telephony da ITU-T* [ITU-T, 1992].

Conversação. Importa envidar todos os esforços para que as conversações sejam significativas e que os sujeitos participantes tenham completa oportunidade de explorar as capacidades do circuito a testar. Como regra geral, importa que cada conversação tenha um início e um fim naturais. A menos que seja estritamente necessário, nunca se deve terminar uma conversação a meio.

Procedimentos de realização dos testes. Os procedimentos dos testes recomendados incluem:

- **Escolha dos sujeitos.** Estes devem ser aleatoriamente escolhidos entre a população utilizadora do telefone, contando que não estejam diretamente ligados à avaliação de desempenho de circuitos telefónicos ou a trabalho similar e que não tenham ainda participado em outros testes subjetivos nos últimos seis meses nem em testes de conversação nos últimos doze meses;
- **Escala de Opinião Conversacional.** Usa-se uma escala de cinco níveis de pontuação de opinião. São importantes a disposição e a designação dadas a cada nível. A seguinte escala é a mais utilizada. Da melhor cotação para a pior, são propostas as seguintes designações na língua inglesa: *Excellent* (Muito Bom); *Good* (Bom); *Fair* (Suficiente); *Poor* (Medíocre) e *Bad* (Mau). A cada uma destas classificações dadas pelo sujeito, o experimentador atribui uma pontuação numérica de, respetivamente, 5, 4, 3, 2 e 1. Assim, é possível levar a cabo o restante processamento estatístico de uma forma numérica com base nesta gama de valores. Ao valor médio calculado com base em todas as opiniões é dado o nome *Mean Conversation-Opinion Score* e é representado por MOS_C ;
- **Escala de dificuldade.** Trata-se de uma escala binária obtida de cada sujeito, no fim de cada conversação, cujo conjunto de respostas é *Sim* ou *Não* à seguinte

pergunta: “O seu correspondente teve alguma dificuldade em falar ou ouvir através desta ligação?”. Este procedimento conduz à escala Dificuldade Percentual (*Percentage Difficulty*), representada pelo símbolo %D. O experimentador, pode, em certas situações inquirir o sujeito acerca da natureza das dificuldades por ele percebidas. (São ainda referidas outras escalas de opinião onde a designação da classificação só é atribuída a cada número dos extremos da escala numérica, ou cuja gama de valores se traduz numa percentagem, o mesmo, feita à custa de marcação manual ao longo de uma dada linha previamente traçada);

- **Instruções aos sujeitos.** Os sujeitos devem ser instruídos quanto ao processo de realização dos testes. As instruções devem ser dadas à sua chegada, na sua primeira visita, caso haja mais do que uma. São apresentadas as instalações. É explicada a forma de proceder e são esclarecidas quaisquer dúvidas que possam persistir. Informa-se o sujeito acerca do número de chamadas a levar a cabo.
- **Recolha dos dados.** Das gravações realizadas, obtêm-se os níveis de voz e dados relacionados, tais como durações ou fatores de atividade. No entanto, normalmente, estes valores são medidos *on-line* e armazenados diretamente em ficheiros informáticos para subsequente análise. As respostas (subjetivas) são coligidas numa base de duas respostas por conversação e por sujeito. Estes dados são o MOS_C e a %D;
- **Tratamento dos resultados.** Cada conversação dá origem a:
 - Duas opiniões sobre a conversação, na escala *Excellent, Good, Fair, “Poor”* e *Bad*;
 - Duas opiniões na Escala de Dificuldades *Sim – Não*;
 - Dois valores para os níveis de voz;
 - Um valor para a duração.

Em casos particulares podem coligir-se informações sobre outras variáveis, tais como gravações vídeo, pois poderão dar informação sobre a forma como os sujeitos seguram o telefone.

Deve calcular-se a média dos valores das opiniões para cada condição do teste e devem ser avaliados limites de confiança e efetuados testes de significância através de técnicas convencionais de análise de variância.

Como ajuda à representação dos dados, podem traçar-se gráficos explicitando MOS_C como função do parâmetro sob teste, como por exemplo MOS_C vs. atenuação do circuito.

3.3.4 – Absolute Category Rating

Tal como no teste de conversação, também o teste de audição *Absolute Category Rating* (ACR) fornece recomendações acerca do material de voz a utilizar, do sistema de gravações, dos procedimentos, locutores, sinais, planeamento das experiências, resultados ou ambiente de gravação:

- A gravação das locuções a utilizar nos testes deve ser feita numa sala calma, de dimensões entre 30 e 120 m³, cujo tempo de reverberação esteja compreendido entre os 200 e os 300 ms, com um máximo aceitável de 500 ms. O nível de ruído deve ser inferior a 30 dBA, sem picos dominantes no seu espectro;
- O material a gravar deve consistir em frases simples, curtas, com significado e aleatoriamente escolhidas de literatura não técnica, como por exemplo, de jornais. As frases devem ser agrupadas em listas aleatórias, de modo a que não haja correlação semântica entre frases adjacentes. Não devem ser nem demasiado curtas nem demasiado longas. Durações entre os 2 e os 3 segundos são consideradas apropriadas. São apresentados os seguintes exemplos de frases para a língua inglesa:
 - “*You will have to be very quiet*”;
 - “*There was nothing to be seen*”;
 - “*They worshipped wooden idols*”;
 - “*I want a minute with the inspector*” e
 - “*Did he need any money?*”.
- Como procedimento de gravação importa usar um microfone com resposta em frequência linear e um sistema de amplificação de baixo ruído e resposta plana em frequência. O microfone deve ser colocado à distância de 14 a 20 centímetros dos lábios do locutor. Caso se detetem ruídos de sopro ou de respiração, deve usar-se esponja de proteção. As mesmas locuções devem ser gravadas

simultaneamente a partir da saída transmissora do *Intermediate Reference System* (IRS), com o auscultador telefónico seguro de forma normal;

- No que respeita à seleção das condições de circuito, é importante dar atenção a questões como os níveis de entrada e gama de níveis de audição [ITU-T, 1992];
- **Desenho da experiência.** Para uma dada amostra de sujeitos ouvintes, o teste é limitado em tamanho pelo tamanho máximo da sessão possível sem que haja cansaço da sua parte. Se a experiência for demasiado longa para ser realizada numa única sessão, é prudente subdividi-la em duas ou mais sessões. Idealmente, uma sessão deve demorar no máximo 20 minutos e em caso algum deverá exceder os 45 minutos;
- **Procedimentos de audição.** Quanto ao ambiente de audição, este deverá satisfazer as mesmas condições do ambiente das gravações, à exceção do ruído natural (*environmental noise*), que deve ser ajustado para um nível apropriado. É recomendado que o nível e o espectro do ruído sejam medidos por duas vezes; no início e no fim das experiências. Deverá ser avaliada pelo experimentador alguma variação significativa entre as duas, já que poderá levantar dúvidas sobre a validade da experiência.

Os sujeitos ouvintes que tomam parte nos testes de audição serão escolhidos de forma aleatória de entre a população utilizadora de telefone, sob condição de:

- Não estarem diretamente envolvidos em trabalhos ligados à avaliação de desempenho de circuitos telefónicos ou a trabalho relacionado, tal como, por exemplo, codificação de voz;
- Não tenham participado em qualquer teste subjetivo nos últimos seis meses e em testes de opinião de audição no decurso do último ano;
- Nunca tenham ouvido previamente as mesmas listas de frases do teste em curso.

No caso de a população disponível ser demasiadamente restrita, tal deverá ser tido em conta no que respeita a formulação de conclusões a partir dos resultados obtidos.

- **Escala de opiniões.** Consoante a finalidade dos testes, podem ser usadas várias escalas de categoria com cinco níveis de pontuação. A disposição e denominação das escalas de opinião, tal como visto pelos

sujeitos ouvintes, é importante e devem seguir o padrão, fruto de anos de experiências. As seguintes escalas são as mais frequentemente utilizadas por aplicações da ITU-T e, dependendo da língua, deverão ser traduzidas para um texto equivalente;

Uma escala apresentada é a “Escala de qualidade de audição”, *Listening-quality scale*. Esta escala é apresentada na tabela 3.1. Para ela, a grandeza obtida a partir das pontuações (*Mean Listening-quality Opinion Score*, ou simplesmente *Mean Opinion Score*) é representada pelo símbolo *MOS*.

Tabela 3.1 - Escala de qualidade de audição

Qualidade da voz	Pontuação
<i>Excellent</i>	5
<i>Good</i>	4
<i>Fair</i>	3
<i>Poor</i>	2
<i>Bad</i>	1

Uma outra escala é a “Escala de esforço de audição”, *Listening-Effort scale*, tabela 3.2. O cabeçalho da escala de esforço de audição é particularmente importante. Sem ele, as descrições estão sujeitas a serem mal entendidas.

Tabela 3.2 - Escala de esforço de audição

Esforço requerido para entender o significado das frases	Pontuação
Relaxação completa possível; sem necessidade de esforço	5
Necessária atenção; sem necessidade de esforço apreciável	4
Esforço moderado necessário	3
Esforço considerável necessário	2
Significado não entendido (mesmo) com esforço	1

A qualidade avaliada (*Mean Listening-Effort Opinion Score*) é representada pelo símbolo *MOS_{LE}*.

É possível também utilizar a Escala de preferência de *Loudness* (*Loudness-preference Scale*), tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Escala de preferência de *Loudness*

Preferência de <i>Loudness</i>	Pontuação
Muito mais forte que o preferido	5
Mais forte que o preferido	4
Preferido	3
Mais calmo que o preferido	2
Muito mais calmo que o preferido	1

A qualidade avaliada (*Mean Loudness-Preference Opinion Scale*) é representada pelo símbolo MOS_{LP} .

- **Instruções a dar aos sujeitos ouvintes.** Antes do início de cada experiência deverão ser dadas instruções, escritas ou verbais, aos avaliadores ouvintes sobre a forma como vai decorrer a experiência. Um exemplo de instruções é dada na tabela 3.4, baseada na Tabela B.2 da Recomendação ITU-T P.800.

Tabela 3.4 - Exemplo de instruções a dar ao avaliador ouvinte

EXPERIÊNCIA N.º...	
Nesta experiência vai ouvir pequenos grupos de frases através do micro telefone e dar a sua opinião acerca da voz que vai ouvir.	
Na tabela que tem à sua frente está uma caixa com cinco botões de pressão iluminados. Quando todas as lâmpadas se acenderem você irá ouvir... frases. Ouça-as, e, quando as lâmpadas se apagarem prima o botão apropriado de forma a indicar a sua opinião de acordo com a seguinte escala.	
ESFORÇO REQUERIDO PARA ENTENDER O SIGNIFICADO DAS FRASES	
5	Relaxação completa possível; sem necessidade de esforço
4	Necessária atenção; sem necessidade de esforço apreciável
3	Esforço moderado necessário
2	Esforço considerável necessário
1	Significado não entendido (mesmo) com esforço
O botão que tenha premido irá acender durante um curto período de tempo. A seguir a lâmpada irá apagar, e haverá uma breve pausa antes de as lâmpadas acenderem de novo com vista ao próximo grupo de... frases.	
Haverá uma maior pausa depois de cada... grupos (cada um pedindo uma opinião). Haverá um total de... grupos, nesta visita, e um número idêntico na(s) sua(s) subseqüente(s) visita(s).	
Obrigado pela sua ajuda nesta experiência.	

Após entendidas pelo avaliador ouvinte, este deve ouvir a lista preliminar e dar a sua opinião.

- **Análise estatística e relatório dos resultados.** Deve ser calculada a média numérica com base nas pontuações relativas às opiniões de todos os avaliadores ouvintes, para cada condição, para cada nível de audição, e, listadas estas médias para uma inspeção inicial (Desta forma podem ser vistos os efeitos como os devidos às diferenças entre fala de locutores masculinos e de femininos). Não é recomendado o cálculo de desvios-padrão separados para cada condição. Devem ser avaliados limites de confiança e levados a cabo testes de significância através de técnicas de análise de variância. Como ajuda adicional, caso seja apropriado, poder-se-á socorrer de gráficos que mostrem a pontuação média obtida em função do parâmetro de teste, como por exemplo, MOS *vs.* atenuação do circuito. O eixo vertical deverá ser sempre a pontuação MOS. A média de pontuações relativa a locutores masculinos e femininos deve ser feita com cautela e não implica que este passo seja garantido para um estudo e interpretação de resultados detalhados, a não ser que os testes de significância o justifiquem.

3.3.5 – Quantal-Response Detectability Tests

Este método é aconselhado nos casos em que é necessário obter informação acerca da detetabilidade de uma dada propriedade análoga de um som (como por exemplo o eco) como função de uma quantidade objetiva (como por exemplo o nível de audição). Neste tipo de testes, a resposta do avaliador ouvinte é baseada na sua votação numa escala do tipo da apresentada na tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Escala de Opinião de Detetabilidade

Escala de Opinião de Detetabilidade	Pontuação
Objetável	A
Detetável	B
Não detetável	C

Entenda-se que a marca B é entendida como “Detetável, mas não Objetável”. Este tipo de escalas, de três níveis, pode ser habitualmente usada para uma variedade de testes “*Quantal-response*”. Como exemplo citam-se a possibilidade de a usar quando os estímulos são o eco, a reverberação, o efeito local (do híbrido), mutilação devida a comutação ou tons de interferência, enquanto a diafonia e possivelmente o eco podem, em certas circunstâncias, ser avaliadas numa escala como a apresentada “Inteligível – Detetável – Não detetável”.

É, por vezes possível olhar para estas votações como *Opinion Scores* com valores 2, 1 e 0 respetivamente, e tratá-los da mesma forma que as pontuações de opinião como nos testes de conversação ou de audição. Tal não é, no entanto, satisfatório, já que as decisões baseadas em tal escala como detetabilidade não são realmente equivalentes a respostas numa escala contínua, como é o caso das votações *Loudness preference*, mas encarnam sim, duas diferentes dicotomias, como por exemplo “Detetável – Não detetável” e “Objetável – Não Objetável”, o que, ainda que não sejam independentes, podem no entanto trazer para a ação diferentes processos psicológicos. Por outras palavras, *Objecionabilidade* e *Inteligibilidade* diferem da *Detetabilidade*, em tipo, e não simplesmente em grau. Por essa razão, um método mais proveitoso de análise é expressar a probabilidade de resposta de acordo com cada dicotomia, separadamente, como função de uma variável objetiva e usando quantis ou outros parâmetros como base de comparação entre condições de circuito de forma análoga à usada em pontuações de articulação aplicada.

A real condução das experiências deste tipo assemelha-se à dos testes de esforço de audição, mas com algumas diferenças. Em particular é aconselhável que a primeira apresentação do sinal em cada experiência deva ser a um nível de audição suficientemente alto de modo a que o ouvinte fique sem dúvidas sobre que tipo de sinal é candidato às suas decisões. Quando estão envolvidos o efeito local ou o eco, é necessário que o sujeito ouvinte seja também locutor.

Ruído, desvanecimento do sinal ou outras perturbações são por vezes investigados numa escala com muitos mais pontos, como por exemplo a escala apresentada na na tabela 3.6. Escalas deste tipo estão mais próximas do tipo “*quantificação contínua*”.

Tabela 3.6 - Escala de dicotomia separada com 7 níveis de pontuação

Inaudível – Ruído completamente indetetável	A
Audível – O ruído pode ser detetado por meio de uma escuta cuidada	B
Ligeiro – Ruído detetável, mas não perturbante	C
Moderado – Ruído ligeiramente perturbante	D
Um pouco forte – O ruído causa perturbação apreciável	E
Forte – Ruído muito perturbante, mas a chamada deverá continuar	F
Intolerável – Ruído tão forte que a chamada dever terminar ou o operador solicitado a mudar de linha	G

3.3.6 – Degradation Category Rating (DCR)

O método DCR deriva do método ACR e resolve o problema existente neste que consiste em apresentar uma baixa sensibilidade na distinção de qualidade quando aplicado a circuitos de boa qualidade. O método DCR afigura-se como aconselhável para a avaliação de voz de boa qualidade. Usa uma referência de qualidade e uma escala de incómodo, face à qual são feitas as avaliações. Utiliza um sinal de referência, idealmente com uma pontuação MOS igual a 5, que se faz passar por um sistema de transmissão. O sinal agora a avaliar já não é um sinal de qualidade, mas um sinal que sofreu degradação. Daí o nome dado a este teste (*Degradation Category Rating*) [Gerscovich, 2008].

- **Amostras de voz.** Cada configuração é avaliada por meio de pareceres sobre amostras de voz a partir de, pelo menos, quatro locutores. Cada amostra deverá ser composta por duas frases separadas por 0.5 segundo de silêncio, aproximadamente. Estas duas amostras, S1 e S2, constituindo quatro frases, devem ser selecionadas a partir de um mais vasto corpo de voz composto por frases foneticamente balanceadas, para que a pontuação média obtida em circuitos de referência de avaliação para estas frases seja quase aproximadamente a mesma que a obtida para o corpo de voz. Desta feita, o corpo consiste em oito amostras assim definidas:
 - Locutor L1 lê as amostras S1 e S2;
 - Locutor L2 lê as amostras S1 e S2;
 - Locutor L3 lê as amostras S1 e S2;
 - Locutor L4 lê as amostras S1 e S2;
 - ...

Tal procedimento resulta na repetição das duas amostras durante o teste. São permitidas variações relativamente a este método: aumentar o número de locutores, misturar os efeitos das frases com os dos locutores, entre outras. É, no entanto, importante que todas as configurações sejam avaliadas sobre o mesmo corpo de voz;

- **Condições de referência.** Devem ser incluídas as condições de referência. Deve ser escolhida e inserida uma referência de qualidade antes de cada avaliação. Habitualmente são usadas condições fonte, como por exemplo amostras com degradação e limitações de largura de banda não superiores às introduzidas pelos sistemas de transmissão. Assim, a escolha da referência de qualidade depende da aplicação. Para telefonia *standard* o sinal fonte é limitado a 3.4 kHz, para telefonia de banda larga é limitado a 7 kHz e para som de alta qualidade ele pode ser estendido aos 15 ou 20kHz.
- **Apresentação de estímulos.** Os estímulos são apresentados aos sujeitos ouvintes aos pares (A-B) ou aos pares com repetição (A-B-A-B), onde A representa a amostra referência de qualidade e B representa a mesma amostra processada pelo sistema sob avaliação. O propósito desta amostra de referência é fixar cada parecer dos sujeitos ouvintes. De modo a testar a qualidade da fixação são incluídos alguns “pares nulos” (A-A), com pelo menos um par por locutor. O uso de uma referência e de pareceres subjetivos relativamente a essa referência, é um procedimento muito comum em psicoacústica. Tal tende a resultar numa boa sensibilidade para a avaliação global feita pelos sujeitos ouvintes. As amostras A e B devem ser separadas de 0.5 a 1 segundo. Num procedimento de repetição de pares (A-B-A-B), a separação entre dois pares deve ser de 1 a 1.5 segundo. O efeito de ordenamento observado nos testes de audição de uma única amostra (ACR, por exemplo) não se observa com o procedimento DCR. Assim, Usa-se somente uma ordem aleatória de apresentação. Desta feita, os testes básicos e as condições vão ser oito vezes o número de condições nominais (quatro locutores x duas amostras);

- **Instruções de teste.** Os sujeitos ouvintes devem ser instruídos para classificar as condições de acordo com uma escala de categoria de degradação de cinco pontos, como descrito na tabela 3.7:

Tabela 3.7 - Escala de degradação

Tipo de degradação	Pontuação
Inaudível	5
Audível mas não incomodativo	4
Ligeiramente incomodativo	3
Incomodativo	2
Muito incomodativo	1

A qualidade avaliada a partir das pontuações “*Degradation Mean Opinion Score*” é representada pelo símbolo *DMOS*.

- **Análise estatística.** As sensibilidades devem ser comparadas por meio de um teste de comparação múltipla estatística. Quando é necessária uma comparação de circuitos à *posteriori*, pode aplicar-se, com eficácia, o teste *Tukey Honestly Significant Difference (HSD)*. O teste HSD está desenhado para fazer todas as comparações de todos os pares possíveis, de entre as médias e determinar a significância das diferenças nos valores médios.

3.3.7 – Comparison Category Rating (CCR)

O método CCR é similar ao método DCR: em cada experiência é apresentado ao sujeito ouvinte, um par de amostras de voz. No procedimento relativo ao método DCR é, em primeiro lugar, apresentada uma referência, não processada, seguida da mesma amostra processada por alguma técnica. Por outro lado, no método DCR os sujeitos ouvintes pontuam sempre a quantidade pela qual a segunda amostra (processada) está degradada relativamente à primeira (não processada). No procedimento CCR a ordem das amostras processadas e não processadas é escolhida de forma aleatória para cada experiência. Em metade das experiências, a amostra não processada é seguida da amostra processada; na restante metade, a ordem é invertida. Os sujeitos ouvintes usam a escala ilustrada na tabela 3.8 para avaliar a qualidade da segunda amostra relativamente à primeira.

Tabela 3.8 - Escala de comparação

Qualidade da segunda amostra comparada com a primeira	Pontuação
Muito melhor	3
Melhor	2
Ligeiramente melhor	1
Sensivelmente igual	0
Ligeiramente pior	-1
Pior	-2
Muito pior	-3

De facto, os sujeitos ouvintes, com uma única resposta fornecem duas avaliações que são as respostas às duas questões: “Qual é a amostra de melhor qualidade?” e “Em quanto avalia essa diferença de qualidade?”. Ambos os métodos DCR e CCR são particularmente úteis na avaliação de desempenho de sistemas de telecomunicações onde a entrada foi corrompida por ruído de fundo. No entanto, a vantagem do método CCR relativamente ao DCR é a possibilidade de avaliar processamento de voz que tanto pode degradar como melhorar a qualidade da voz: de forma muito particular o método CCR apresenta-se como indicado na avaliação de um sistema de reconstrução de voz.

A quantidade avaliada a partir das pontuações *Comparison Mean Opinion* é representada pelo símbolo *CMOS*.

A referência de Qualidade. A amostra de referência, não processada, (Referência de qualidade ou ligação direta) é apresentada, quer antes quer depois da amostra degradada (processada). A amostra de referência é gerada usando o mesmo locutor e o mesmo material de voz que o usado na amostra processada. Esta amostra de referência será corrompida pelo mesmo ruído (se o houver) e processada pelos mesmos processos preliminares tais como a característica do transmissor, entre outras. Haverá assim uma qualidade de referência diferente para cada uma das condições de teste.

Referências MNRU. De modo a calibrar a escala de avaliação, devem ser incluídas as condições de referência MNRU. Estas referências de ruído multiplicativo são usadas sem serem adicionalmente misturadas com ruídos naturais.

Apresentação aos ouvintes. Cada uma das amostras de voz é apresentada ao ouvinte através da condição de referência de qualidade e através de um *codec* de teste ou condição de referência [ITU-T, 1996]. Adicionalmente deve ser incluído um “Par nulo” para cada uma das referências de qualidade. Nestes testes, a referência de qualidade é apresentada

duas vezes. Os ouvintes devem julgar a qualidade da segunda amostra relativamente à primeira. Este julgamento é feito com base numa escala de sete pontos, conforme apresentado na tabela 3.8 A tabela 3.9 mostra um exemplo de instruções a dar aos ouvintes.

Tabela 3.9 - Exemplo de instruções a dar ao avaliador ouvinte

EXPERIÊNCIA N.º...	
Nesta experiência vai ouvir pares de amostras de voz que foram gravadas através de vários equipamentos telefónicos experimentais. Vai ouvir estas amostras através do micro telefone que está à sua frente.	
O que vai ouvir é um par de frases, um breve período de silêncio, e outro par de frases. Avaliará a qualidade do segundo par de frases comparada com a qualidade do primeiro par.	
Deverá escutar atentamente cada par de amostras. De seguida, quando a luz verde acender, anote a sua opinião acerca da qualidade da segunda amostra relativamente à qualidade da primeira amostra fazendo uso da seguinte escala.	
A QUALIDADE DA SEGUNDA AMOSTRA QUANDO COMPARADA COM A QUALIDADE DA PRIMEIRA É:	
3	Muito melhor
2	Melhor
1	Ligeiramente melhor
0	Sensivelmente igual
-1	Ligeiramente pior
-2	Pior
-3	Muito pior
Irá ter cinco segundos para anotar a sua resposta carregando num botão correspondente à sua escolha. Haverá uma breve pausa antes da apresentação do próximo par de frases.	
Começaremos com uma curta sessão de treino para o familiarizar com os procedimentos de teste. Os testes reais terão lugar durante sessões de 10 a 15 minutos.	

4 – Métrica de avaliação Objetiva e Subjetiva da voz das cabras

Com vista a estabelecer uma metodologia que permitisse avaliar a recuperação efetiva da voz das cabras foram estudadas no que diz respeito à avaliação objetiva, técnicas clássicas que normalmente se aplicam à voz humana já consolidadas tais como a Correlação Linear, a Análise Cepstral ou a Estimação dos Parâmetros LPC [Rabiner, 1978] no entanto os resultados não foram considerados consistentes quando aplicados ao caso em estudo. Numa outra linha de investigação e à semelhança de outras experiências [Yeon, 2006], com auxílio do software *Praat* (<http://www.praat.org>), mediram-se características do balido nomeadamente através de dois parâmetros objetivos recomendados para a voz humana: o *Jitter* e *Harmonics to Noise Ratio* [Ferreira, 2017, Lee, 2008; Bhuta, 2004; Qi 1977] Assim, e conforme descrito na seção 2.2.1, o *Jitter* considera-se como sendo a variação associada ao período de vibração natural das cordas vocais e o *Harmonic to Noise Ratio* (HNR) como uma medida de qualidade da voz: o *Praat* estima o HNR através do algoritmo desenvolvido por [Boersma, 1993].

Desta forma as alterações às características da voz da cabra obtiveram-se pela análise da variação do HNR e das alterações na frequência natural da voz das cabras, o *Jitter*, quando comparadas as amostras pré-operatórias com as pós-operatórias. No que diz respeito à avaliação subjetiva implementou-se uma adaptação do método para avaliação da voz humana em canais telefónicos, o *Comparison Category Rating* (CCR), através de um questionário colocado a 31 indivíduos, entre os 18 e os 35 anos de idade, divididos em três grupos. A finalidade desta análise foi identificar a evolução da recuperação da voz normal, ou seja, a pré-operatória. Os inquiridos escutaram várias amostras do balido das cabras 5003, 597, 49 e 47, por esta ordem. A pré-operatória serviu sempre de referência para comparação com as outras. De acordo com a norma CCR os participantes ouviram sequencialmente: a pré-operatória; um breve período de silêncio; a primeira pós-operatória; novo breve período de silêncio; de novo a pré-operatória; outro breve período de silêncio; a segunda pós-operatória; depois um breve período de silêncio; repetiu-se a pré-operatória; outro breve período de silêncio; a terceira pós-operatória; e assim sucessivamente para todas as amostras de cada cabra. Ou seja, foram apresentadas conjuntos de amostras pré e pós-operatórias e cada indivíduo inquirido avaliou a

semelhança entre elas e preencheu um questionário (ver Anexo A) de acordo com a sua percepção, usando a escala que se propôs: *Razgável*, *Bom* e *Muito Bom*. Cada conjunto de amostras das cabras foi ouvido duas vezes e, no segundo teste, cada participante referiu qual a que mais se assemelhava com a pré-operatória. Finalmente ouviram a sequência de todas as amostras de modo a que cada indivíduo referisse, de acordo com a sua opinião, se, ao longo do tempo, evoluem no sentido da voz normal.

4.1 – Dados experimentais

Conforme já referido na seção 2.4, antes de qualquer intervenção cirúrgica foi obtido um registo do balido em todas as cabras, Registo 0, que serviu como controlo e para posterior comparação com os registos pós-operatórios. Estava previsto efetuar um registo da voz (Registo 1°), durante a primeira semana de pós-operatória (*Pós*) o que representaria o padrão de rouquidão daquele animal. A evolução seria registada de duas em duas semanas nas cabras do GR e com intervalo de três nas do GC, com o objetivo de conhecer o período que mediará entre a intervenção e a recuperação da voz (caso acontecesse). Contudo, infelizmente, não foi possível obter gravações de voz de todos os animais em cada sessão de recolha dos balidos, uma vez que alguns deles não vocalizaram. Com efeito, as cabras habituaram-se ao ritual de serem retiradas da jaula para a outra sala e o comportamento de balir por simpatia [Siebert, 2011] foi-se reduzindo. Também falharam o registo da voz de outras cabras e sua reprodução para estimular o balido, bem como a manutenção de jejum durante 24 horas seguido da oferta de alimentos.

Na tabela 4.1 apresentam-se os registos obtidos para cada cabra ao longo do tempo.

Tabela 4.1 – Semanas em que foram efetuados registos da voz em dez animais submetidos ao protocolo experimental. (As amostras consideradas para o estudo estão sublinhadas)

CABRA/SEMANA	1ª s	2ª s	3ª s	4ª s	5ª s	6ª s	7ª s	8ª s	9ª s	10ª s	11ª s	13ª s	14ª s	19ª s	24ª s	33ª s
EXPERIMENTAL																
157			1°				2°					3°				
340			1°			2°			3°							
48	1°		2°	3°		4°			5°	6°						
49	<u>1°</u>		2°			3°			<u>4°</u>	5°					<u>6°</u>	
5002		1°	2°		3°			4°								
5003		<u>1°</u>	<u>2°</u>		<u>3°</u>											
597		<u>1°</u>	2°		3°		4°	<u>5°</u>		7°					<u>8°</u>	
CONTROLO																
47				1°	<u>2°</u>			3°			4°		5°		<u>6°</u>	<u>7°</u>
225			1°	2°			3°	4°		6°		7°				
22	1°		2°													

Em geral registou-se a voz pela primeira vez no pós-operatório entre a primeira e a quarta semana (média 2.2 semanas). No GR, as primeiras gravações foram realizadas em média

às duas semanas: nas cabras 157 e 340 às três; nas 48 e 49 ao fim da primeira e nas 5002, 5003 e 597 às duas semanas. No GC, fez-se o primeiro registo da cabra 47 às quatro semanas, da 225 às três e da 22 ao fim da primeira (média 2.67 semanas).

Conseguimos efetuar ulteriormente outras gravações da voz. Os últimos para cada cabra foram obtidos nos momentos seguintes: GR - da 157 o terceiro pela 11ª semana; da 340 o terceiro pela 9ª; da 48 o sexto à 10ª; da 49 o sexto à 19ª; da 5002 o quarto pela 8ª; da 5003 o terceiro à 5ª e da 597 o oitavo à 19ª semana; GC – da 47 o sétimo pela 33ª; da 225 o sétimo pela 13ª semana; e da 22 só um segundo à 3ª semana e não baliu mais.

Apresentam-se os resultados da evolução da voz nas cabras 5003, 597 e 49 do GR e da 47 do GC.

4.1.1 – Cabra 5003 (GR)

A tabela 4.2 apresenta os valores relativos à voz da cabra do Grupo de Reconstrução 5003.

Tabela 4.2 –Variação do *Jitter* e HNR para a cabra 5003.

Cabra 5003	Pré-operatória	1ª Pós	2ª Pós	3ª Pós
<i>Jitter</i>	0.517%	2.595%	2.646%	0.402%
HNR	7.409 dB	1.027 dB	2.785 dB	5.515 dB

Considerando os registos da voz normal como sendo os pré-operatórios, como se verifica, os dois parâmetros tendem para se aproximar do valor inicial, a pré-operatória deste animal, respetivamente 0.517% e 7.409 dB para o *Jitter* e HNR. A última gravação analisada foi efetuada à quinta semana do pós-operatório.

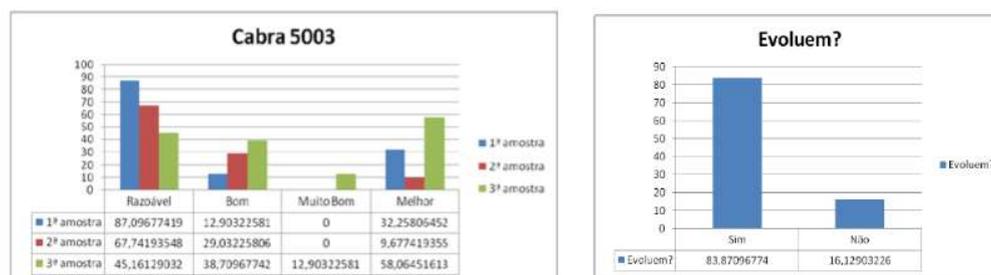


Fig. 4.1: Opinião dos sujeitos inquiridos relativamente à cabra 5003.

Quanto aos testes subjetivos (em %), a figura 4.1 mostra, sob a forma de gráfico e tabela, a opinião dos indivíduos inquiridos relativamente à cabra 5003 no que diz respeito à evolução da voz deste animal. Da análise, podemos tirar a seguinte ilação - 58,06% dos participantes respondeu que a 3ª amostra (*Pós*) da voz da cabra 5003, era a que mais se assemelhava com a pré-operatória bem como mostra que 83,87% dos indivíduos afirmaram que o balido evoluiu no sentido da amostra pré-operatória.

Existiu concordância entre os resultados dos testes objetivos e subjetivos para análise da voz deste animal.

4.1.2 – Cabra 597 (GR)

A tabela 4.3 apresenta os valores relativos à voz da cabra do GR 597.

Tabela 4.3 –Variação do *Jitter* e HNR para a cabra 597.

Cabra 597	Pré-operatória	1ª Pós	2ª Pós	3ª Pós
<i>Jitter</i>	1.950%	2.379%	1.167%	0.653%
HNR	6.720 dB	2.551 dB	5.180 dB	5.745 dB

Verificou-se uma aproximação gradual das amostras pós-operatórias com a “voz normal” deste animal, 6.720 dB para o HNR, em especial da terceira, mas para o *Jitter* de 1.950% após uma subida idêntica ao que se verificou nos outros animais, desceu para uma diferença de quase 1.3%. A última gravação de voz analisada foi realizada à 19ª semana do pós-operatório.

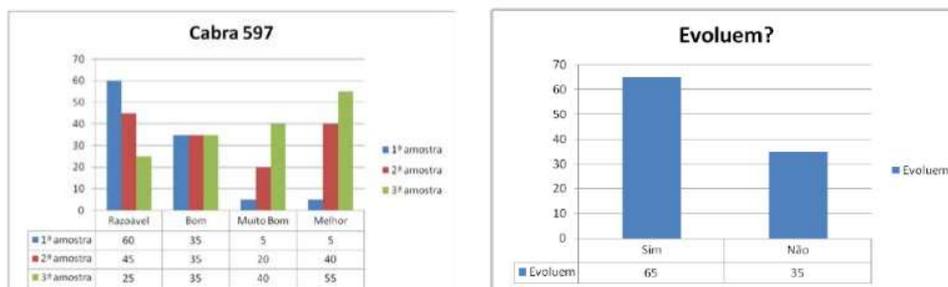


Figura 4.2 – Opinião dos sujeitos inquiridos relativamente à cabra 597.

Quanto à opinião dos indivíduos inquiridos relativamente à cabra 597 verificou-se que 55% dos participantes respondeu que a 3ª amostra *Pós* era a que mais se assemelhava com a pré-operatória e 65% admitiu que o balido evoluiu no sentido daquela amostra, ou seja a considerada *voz* normal, figura 4.2.

Apesar de alguma dispersão final do *Jitter* dos resultados relativos aos testes objetivos e subjetivos dos registos da voz desta cabra concluímos que existiu tendência de recuperação favorável na reconstrução do nervo laríngeo.

4.1.3 – Cabra 49 (GR)

A tabela 4.4 apresenta os valores relativos à *voz* da cabra do GR 49.

Tabela 4.4 –Variação do *Jitter* e HNR para a cabra 49.

Cabra 49	Pré-operatória	1ª Pós	2ª Pós	3ª Pós
<i>Jitter</i>	1.454%	2.731%	2.607%	1.695%
HNR	6.732 dB	2.713 dB	2.900 dB	5.205 dB

Como se verifica, os dois parâmetros tendem a convergir para o valor inicial, a *voz* normal deste animal, 1.454% para o *Jitter* e 6.732 dB para o HNR. A última gravação analisada foi efetuada à 19ª semana do pós-operatório.

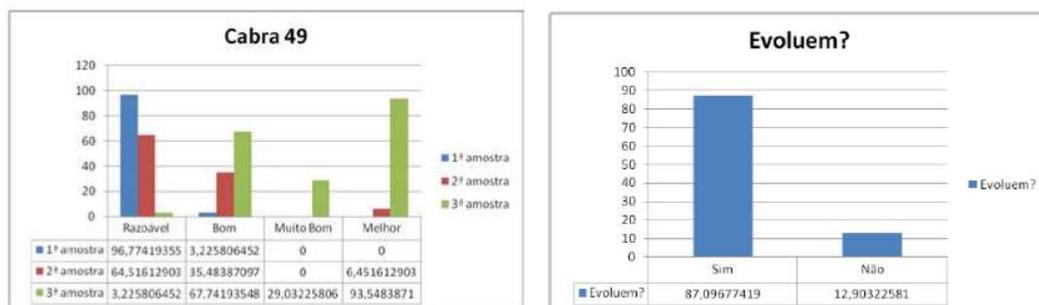


Figura 4.3 – Opinião dos sujeitos inquiridos relativamente à cabra 49.

Da análise do gráfico da figura 4.3, podemos tirar as seguintes conclusões: 93,5% dos participantes respondeu que a 3ª amostra *Pós* da *voz* da cabra 49, era a que mais se assemelhava com a pré-operatória, ou seja, a melhor amostra admitindo também que a 1ª

é a mais afastada. Testemunham 87,09% dos indivíduos que o balido desta cabra evoluiu no sentido da amostra pré-operatória.

Os testes de análise dos registos da voz deste animal foram concordantes.

4.1.4 – Cabra 47 (GC)

A tabela 4.5 apresenta os valores relativos à voz da cabra do GC 47.

Tabela 4.5 –Variação do *Jitter* e HNR para a cabra 47.

Cabra 47	Pré-operatória	1ª Pós	2ª Pós	3ª Pós
<i>Jitter</i>	0.641%	2.012%	0.647%	1.148%
HNR	9.426 dB	5.483 dB	7.753 dB	7.490 dB

Não se verificou uma aproximação gradual das amostras pós-operatórias em relação à voz normal desta cabra, respetivamente 0.641% e 9.426 dB para o *Jitter* e HNR. Existiram variações na progressão do balido e os valores da 2ª amostra (*Pós*) são os mais semelhantes à pré-operatória. A última gravação de voz analisada foi à 33ª semana do pós-operatório.

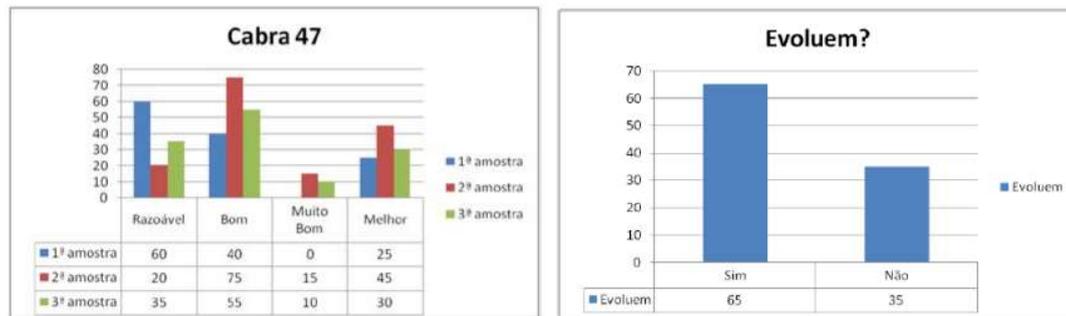


Figura 4.4 – Opinião dos sujeitos inquiridos relativamente à cabra 47.

Da análise da figura 4.4, podemos tirar as seguintes ilações: 45% dos participantes responderam que a 2ª amostra *Pós* era a que mais se assemelhava com a pré-operatória; 75% dos inquiridos referiu que a comparação das amostras pré-operatória com a 2ª *Pós* era “Bom” tendo revelado 65% dos indivíduos afirmam que o balido evoluiu no sentido da amostra pré-operatória.

Também nesta cabra existiu concordância entre os resultados dos testes objetivos e subjetivos, embora só o HNR tenha mostrado tendência para aproximação da voz normal.

4.2 – Discussão dos Resultados

Como já referido, a recusa das cabras em vocalizar, tornou impossível dizer ao fim de quanto tempo pós-operatório recuperaram o tipo de voz que tinham antes da intervenção. Ainda assim, podemos afirmar que as três cabras operadas com o método experimental utilizado (GR) recuperaram até à 19ª semana, tendo ocorrido na quinta semana para a 5003.

No sentido de estabelecer algumas conclusões elaboraram-se as grelhas que mostram na tabela 4.6. Para o HNR considerou-se: *Excelente* (10 pontos) se a diferença entre a voz normal e a mais parecida foi inferior a 1.0 dB; *Muito Bom* (9 pontos) se está entre 1.0 e 1.5 dB; *Bom* (8 pontos) se entre 1.5 e 2.0 dB; e *bom* (7 pontos) se acima de 2.0 dB. Para o *Jitter*: *Excelente* (10 pontos) se aquela diferença foi menor que 0.5%; *Muito Bom* (9 pontos) se entre 0.5 e 1.0%; e *Bom* (8 pontos) se a diferença foi entre 1.0 e 1.5%. Quanto aos métodos subjetivos, considerou-se: *Excelente* (10 pontos), *Muito Bom* (9) ou *Bom* (8) consoante, respetivamente, mais de 80%, 55% e 45% dos inquiridos acharam a 3ª amostra a melhor e se mais de 80%, 60% e 50%, ainda respetivamente, afirmaram que se verificou boa evolução da voz, ou seja, que tendeu para ficar mais semelhante à voz pré-operatória de cada cabra.

Tabelas 4.6 – Grelhas para classificação da recuperação da voz: testes objetivos (HNR e *Jitter*) e subjetivos.

HNR dB	
< 1.00	E - 10
1.00 - 1.50	MB - 9
1.50 - 2.00	B - 8
> 2.00	b - 7

<i>Jitter</i> %	
< 0.5	E - 10
0.5 - 1.0	MB - 9
1.0 - 1.5	B - 8

Subjetivos	
3ª amostra melhor > 80% + > 80% boa evolução voz	E - 10
3ª amostra melhor > 55% + > 60% boa evolução voz	MB - 9
3ª amostra melhor > 45% + > 50% boa evolução voz	B - 8
outra	b - 7

Utilizando as grelhas para classificação das cabras quanto à recuperação da voz tabelas 4.6, podemos sintetizar os resultados que se apresentam no tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Resumo dos resultados da análise dos testes objetivos e subjetivos.

CABRA	Gravação voz final	Resultados Voz	Resultados Voz	Resultados Voz	Resultados Voz
GR		HNR – dB	<i>Jitter</i> - %	Testes subjetivos	Finais
49	19 semana	Pré - 6.723 Pós: 1-2.7; 2-2.9 Final - 5.21	Pré - 1.45 Pós: 1-2.7; 2-2.6 Final - 1.70	93,5% 3ª amostra melhor e 87,1% boa evolução da voz	HNR - MB (9) <i>Jitter</i> - E (10) Subjetivos - E (10)
5003	5 semana	Pré - 7.41 Pós: 1-1.0; 2-2.8 Final - 5.52	Pré - 0.52 Pós: 1-2.6; 2-2.6 Final - 0.40	58,06% 3ª amostra melhor e 83,9% boa evolução da voz	HNR - B (8) <i>Jitter</i> - E (10) Subjetivos - MB (9)
597	19 semana	Pré - 6.72 Pós: 1-2.6; 2-5.2 Final - 5.75	Pré - 1.95 Pós: 1-2.4; 2-1.2 Final - 0.65	55% 3ª amostra melhor e 65% boa evolução da voz	HNR - E (10) <i>Jitter</i> - B (8) Subjetivos - MB (9)
GC					
47	33 semana	Pré - 9.43 Pós: 1-5.5; 2-7.8 Final - 7.49	Pré - 0.64 Pós: 1-2.0; 2-0.6 Final - 1.48	45% 2ª amostra melhor 65% boa evolução da voz	HNR - B (8) <i>Jitter</i> - MB (9) Subjetivos - b (7)

Resumindo, por método ensaiado, no GR, podemos dizer que exceto para o *Jitter* (cabra 597) e o HNR (cabra 5003) num caso, todos foram *Excelente* ou *Muito Bom*.

Quanto ao GC, embora controlo, como se verificou tropismo entre as fibras nervosas dos dois topos, a recuperação da vocalização embora pela 33ª semana foi classificada como *Bom*. HNR – B, *Jitter* – MB e subjetivos – b.

5 – Considerações finais e desenvolvimentos futuros

As dificuldades nos registos da *voz* advieram em grande parte, da estratégia utilizada para a sua recolha. A opção por não provocar as vocalizações através de técnicas invasivas e estímulos dolorosos por decisão estratégica da equipa de investigação apesar de ter permitido que nas primeiras gravações a indução por simpatia funcionasse muito bem, depois deixou de resultar. Por outro lado e analogamente à linguagem humana, as cabras têm vocalizações distintas com diferentes características. Provavelmente se o estímulo tivesse sido doloroso, com maior probabilidade a vocalização produzida seria idêntica em todas as respostas, logo a análise mais comparável. Para além disto teríamos conseguido, muito provavelmente, gravações com boa qualidade, em intervalos de tempo regulares, que permitiriam estabelecer com alguma segurança a(s) semana(s) em que a cabra tinha recuperado a sua *voz* normal. Este será um dos assuntos a merecer atenção posterior.

Toda a análise resultou de várias tentativas de utilizar métodos que avaliam alterações da voz humana e foram considerados para a métrica proposta, os parâmetros objetivos HNR e *Jitter* e para a análise subjetiva o método CCR, porque os mais adaptáveis ao balido. Apesar de termos conseguido extrair conclusões sustentadas apenas em quatro animais, foi necessário ao longo de aproximadamente 2 anos recolher/analisar/processar dados das gravações num total de 123 gravações *in situ*, que corresponderam a ~2 horas de gravações, selecionando entre as que tinham melhor relação sinal ruído/as que vocalizavam e por fim correlacioná-los com os obtidos de origem Biomédica o que nem sempre foi tarefa fácil.

Os resultados apurados em todas as cabras do GR cuja *voz* foi analisada, mostraram *Muito Bom* ou *Excelente* recuperação da *voz* normal exceto para o *Jitter* (cabra 597) e o HNR (cabra 5003) numa ocorrência. De forma a podermos estabelecer uma análise mais fundamentada, seriam necessárias mais testes, no entanto comprovou-se por análise médica que tanto para a cabra 597 como para a 5003, a regeneração do NLR foi Excelente tanto quanto à recuperação dos movimentos da corda vocal, como quanto ao resultado histológico e à observação per-operatória. Quanto ao GC, embora controlo,

como se verificou tropismo entre as fibras nervosas dos dois topos, a recuperação da vocalização embora pela 33ª semana foi classificada como *Bom. HNR – B, Jitter – MB* e subjetivos – b. Em ambos os grupos de estudos, a métrica proposta constitui-se como mais um auxiliar tecnológico não invasivo para validar foi consonante com as outras abordagens de avaliação médica e contribuiu para a robustez da validação da técnica cirúrgica.

No que diz respeito às conclusões da técnica médica, o método em cabras conseguiu a mobilização eficaz da corda vocal, pois existiu um tropismo das fibras adutoras e abductoras para as de igual sinal do topo oposto. A reconstrução do NLR com enxerto de veia preenchida com músculo é considerado um método eficaz, de simples execução e que não deixa sequelas estéticas ou nervosas. Segundo o autor [Silveira, 2012], tendo em conta a semelhança entre os aparelhos fonadores caprino e humano, torna-se possível a extrapolação dos resultados obtidos na cabra para o Homem esperando-se obter idênticos resultados surgindo daqui a oportunidade de ao refinar a métrica proposta para análise da recuperação do voz, agora em humanos contribuir para o progresso da condição humana como ato também nobre da Engenharia, depois de todo o esforço da equipa ter sido merecido recentemente reconhecimento *entre pares* na Revista Portuguesa de Cirurgia [Silveira, 2020].

6 – Referências Bibliográficas

- [Baken, 1999] Baken, M. (1999) – *Clinical Measurement of Speech & Voice (Speech Science)* – 2nd edition, ISBN-10: 1565938690.
- [Beyerdynamic, 2020] Beyerdynamic TG-X 80, <https://www.manualslib.com/products/Beyerdynamic-Tg-X-80-4226653.html>, julho 2020.
- [Bhuta, 2004] Bhuta, T. *et al* (2004) – *Perceptual evaluation of voice quality and its correlation with acoustic measurements* – Journal of Voice - Elsevier. Vol. 18(3), pg. 299-304.
- [Boersma, 1993] Boersma, P., (1993) – *Accurate short-term analysis of the fundamental frequency and harmonic-to-noise ratio of a sampled sound* – IFA Proceedings, Vol. 17.
- [Carbonaro, 1992] Carbonaro, A. *et al* (1992). Behavioral and physiological responses of dairy goats to isolation. *Physiology & Behavior*, 51(2), pg. 297–301. ([https://doi.org/10.1016/0031-9384\(92\)90144-Q](https://doi.org/10.1016/0031-9384(92)90144-Q))
- [Coleman, 2020] Coleman, J. (2020) – *The vocal tract and larynx* – <http://www.pbon.ox.ac.uk/jcoleman/phonation.htm>
- [Ferreira, 2008] Ferreira, A. *et al* (2008) – *A medida HNR: sua relevância na análise acústica da voz e sua estimação precisa* – I Jornadas sobre Tecnologia e Saúde - Livro de Atas de Conferência Nacional. (https://sigarra.up.pt/flup/pt/pub_geral/pub_view?pi_pub_base_id=66782)
- [Ferreira, 2017] Ferreira, A. *et al* (2017) – *Consistency of the F0, Jitter, Shimmer and HNR voice parameters in GSM and VOIP communication* – 22nd International Conference on Digital Signal Processing (DSP), London, DOI: 10.1109/ICDSP.2017.8096128.
- [Gerscovich, 2008] Gerscovich, D., Biscainho, W. (2008) – *Avaliação subjetiva de qualidade de áudio: Fala vs. Música* – Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Áudio da AES-Brasil, São Paulo pp. 80–86.
- [Getty, 2001] Getty, R., Sisson, S., Grossman, J. (2001) – *Anatomía de los animales domésticos* – Tomo I, ISBN-13: 978-8445807224.
- [ITU-T, 1992] *Handbook on Telephony* – (<https://www.itu.int/en/publications/ITU-T/pages/publications.aspx?parent=T-HDB-MES.2-1993&media=electronic>).
- [ITU-T, 1996] ITU-T, P.800/P.810 (1996) – *Methods for subjective determination of transmission quality / Modulated noise reference unit (MNRU)* – (<https://www.itu.int/rec/T-REC-P.800-199608-I>).
- [ITU-T, 1998] ITU-T, G.120 (1998) – *Transmission characteristics of national networks* – (<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.120>).
- [ITU-T, 2004] ITU-T, P.880 (2004) – *Continuous evaluation of time varying speech quality* – (<https://www.itu.int/rec/T-REC-P.880-200405-I/en>).

- [Janssen, 2002] Janssen, J. *et al* (2002) – **Assessing voice quality in packet-based telephony, Internet Computing** – *IEEE Internet Computing*, 6(3), pg.48–56, DOI: 10.1109/MIC.2002.1003131.
- [Lebre, 2010] Lebre, P.; Soares, S.; Silva, S.; Silveira, L. (2010) – **Avaliação da voz após cirurgia ao NLR** – 12º Encontro da Secção Portuguesa da *Audio Engineering Society*, 8 de Outubro, UA-Aveiro.
- [Lee, 2008] Lee, J., *et al* (2008) – **Automatic voice quality measurement based on efficient combination of multiple features** – DOI: 10.1109/ICBBE.2008.646. (<https://ieeexplore.ieee.org/document/4535526>)
- [Lenhardt, 1975] Lenhardt, M. (1975) – **Vocal cry analysis in dairy goats** – *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 57, p. 43.
- [Marchesan, 2004] Marchesan, I. (2004) – **Alterações de fala de origem músculo-esquelética** – Capítulo nº 25 publicado no Livro: *Tratado em fonoaudiologia da SBFa*, Roca LTDA. (<http://docplayer.com.br/10158165-Alteracoes-de-fala-de-origem-musculosqueletica.html>)
- [McNeil, 2008] McNeil, M. (2008) – **Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders** – ISBN-13: 978-1588905147.
- [Mattison, 2018] Mattisson *et al* (2018) – **Recovery of Voice After Reconstruction of the Recurrent Laryngeal Nerve and Adjuvant Nimodipine** – *World Journal of Surgery*, 42(3), pg. 632-638, DOI: 10.1007/s00268-017-4235-9 .
- [Neves, 2011] Neves, F., Soares, S., *et al* (2011) – **Optimal voice packet classification for enhanced VoIP over priority-enabled networks** – *Journal of Communications and Networks*, 20(6), pg. 554-564, DOI:10.1109/JCN.2018.000088.
- [Neves, 2018] Neves, F., Soares, S., Assunção, P. (2018) – **VoIP Technologies - Chapter Title: Enhanced VoIP by signal reconstruction and voice quality assessment** – Book edited by Shigeru Kashihara. Intech -Open Access Publisher, Chapter 3, pg. 45-78. ISBN 978-1-4244-2422-1.
- [Pinto, 2005] Pinto, P., Ferreira, A. (2005) – **Audionarium - plataforma de demonstração Científica Sobre o Som e o Sistema Auditivo Humano** – Projeto de Licenciatura em Eng. Electrotécnica FEUP. (<https://web.fe.up.pt/~ee00137/files/relatorio.pdf>)
- [Pulakka, 2005] Pulakka, H. (2005) – **Analysis of Human Voice Production Using Inverse Filtering, High-Speed Imaging, and Electrolottography** – MSc Thesis, Helsinki University of technology.
- [Qi, 1997] Qi, Y., Hillman, R.E. (1997) – **Temporal and spectral estimations of harmonics-to noise ratio in human voice signals** – *The Journal of the Acoustical Society of America*, 102, 537. (<https://doi.org/10.1121/1.419726>)
- [Rabiner, 1078] Rabiner, R., Schafer, R. (1978) – **Digital Processing of Speech Signals** – Pearson; US edition, ISBN: 013213603-1.

- [Roland, 2020] Interface Áudio firewire de 24 bits/192kHz, <https://www.roland.com/pt-pt/products/fa-66/>, julho 2020.
- [Seeley, 2011] Seeley, R., Tate, P., Stephens, T. (2011) – *Anatomia e Fisiologia* – ISBN: 9789728930622.
- [Silveira, 2020] Silveira, L. *et al.* Soares, S., (2020), *Repair of the recurrent laryngeal nerve – Experimental study*, Revista Portuguesa de Cirurgia, Sociedade Portuguesa de Cirurgia, II Série, Volume 46:19-31, ISSN: 1646-6918. [SciELO, Google_Scholar, ACAAP, Free_Medical_Journal, Journals_for_Free, LatinDex, Index_Copernicus], (<https://revista.spcir.com/index.php/spcir>)
- [Silveira, 2012] Silveira, L. F. (2012) – *Reconstrução do nervo laríngeo recorrente: estudo experimental* – tese de Doutoramento, Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra. (<https://studogeral.sib.uc.pt/handle/10316/21668>)
- [Siebert, 2011] Siebert, K. *et al.* (2011) – *Degree of social isolation behavioural and vocal response patterns in dwarf goats. (Capra hircus)* – *Applied Animal Behavior Science*, 131(Issues 1-2), pg. 53-62
DOI:10.1016/j.applanim.2011.01.003.
- [Soares, 2020] Soares, S., Neves, F., Assunção, P. (2020) – *Methods for Optimal Classification and Prioritisation of a digital audio signal and device implementation / Classificador ótimo sem atraso para atribuir prioridade binária a pacotes de comunicações de voz* – ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) em 9 de outubro de 2018. Patente Nacional/Internacional WO 2019/234697 A1, Internacional Application Number PCT/IB2019/054759 submissão em 7 de junho de 2019.
- [Yumoto, 1982] Yumoto, E. *et al* (1982) – *Harmonics-to noise ratio as an index of a degree of hoarseness* – *The Journal of the Acoustical Society of America*, 71(6), pg. 1544-9.
- [Yeon, 2006] Yeon, S.C. *et al* (2006) – *Acoustic features of vocalizations of Korean native cows (Bos taurus coreanae) in two different conditions* – *Applied Animal Behaviour Science*, 101(Issues 1-2), pg. 1-9.
DOI:10.1016/j.applanim.2006.01.013.
- [Zimmerman, 1961] Zimmerman, M., Veith, I. (1961) – *Great Ideas in The History of Surgery*, *he Williams & Wilkins Company*, ASIN: B00BRTHF6U.

7 – Anexo A

Avaliação Subjetiva da recuperação da voz

Experiência n° X

~~~~~

Data:

Nome:

Idade:

Sexo:

~~~~~

Foi feita uma experiência com as cabras que consistiu no corte de um dos seus nervos laríngeos recorrentes. O objetivo consiste em avaliar a semelhança da voz das cabras (pós-operatório) em relação à primeira amostra (pré-operatório). Nesta experiência vai ouvir várias amostras do balido de uma determinada cabra. A primeira amostra serve apenas de referência para a comparação com as outras amostras.

No primeiro teste irá ouvir a primeira amostra, um breve período de silêncio, uma amostra pós-operatória, um breve período de silêncio e ouvir outra vez a primeira amostra, um breve período de silêncio, e outra amostra pós-operatória e assim sucessivamente. Avaliará a semelhança das amostras comparativamente com a primeira amostra. Deverá escutar atentamente cada amostra e preencher o questionário de acordo com a sua opinião usando a escala seguinte: Razoável, Bom e Muito Bom. Ouvirá cada sequência de amostras duas vezes.

No segundo teste, e depois de ouvir as mesmas amostras anteriormente, irá preencher o questionário de acordo com a sua opinião referindo qual a amostra que mais se assemelha com a primeira (pré-operatória).

Para finalizar irá ouvir a sequência de todas as amostras de modo a referir, de acordo com a sua opinião, se as amostras evoluem, ao longo do tempo, no sentido da amostra pré-operatória

~~~~~

Cabra n° YYYY

~~~~~

Coloque um X na opção que acha correta.

1° Teste

Amostra n°1

“Em quanto avalia a semelhança da amostra em relação à primeira?”

Razoável	Bom	Muito Bom

Amostra n°2

“Em quanto avalia a semelhança da amostra em relação à primeira?”

Razoável	Bom	Muito Bom

Amostra n°3

“Em quanto avalia a semelhança da amostra em relação à primeira?”

Razoável	Bom	Muito Bom

2° Teste

“Qual a amostra que mais se assemelha à primeira?”

Amostra n°: _____

3° Teste

“As amostras evoluem, ao longo do tempo, no sentido da amostra pré-operatória?”

Sim: ____ Não: ____